SJKFU

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل

المجلد 21 - العدد 1 - يونيو 2020م - 1441هـ

ممتص موجات كهرومغناطيسية رباعي الحزمة باستخدام المواد ذات معامل الانكسار السالب (الميتاماتيريل)
خالد سعيد لطيف البدري و فهد قاسم محمد

استخلاص وتنقية المستقلبات الثانوية لأنواع العصوية Bacillus spp. ودراسة خواصها التثبيطية ضد بعض أنواع البكتيريا
إيمان عبدالله الإمارة و غيداء جاسم الغزاوي

اختبار كفاءة السماد الحيوي من العزلة المحلية *Sinorhizobium fredii* في نمو وإنتاج نبات اللوبياء *Vigna unguiculata* L
وائل محمد مهدي و عبدالكريم عريبي سبع الكرطاني

تجديد سلالات من الكالوس المجهد في ثلاثة أصناف من البطاطا (*Solanum tuberosum* L) ودراسة مدى تحملها للإجهاد الملحي
ريما مصا و فهد البيسكي و خليل المعري

سمات الذوق العام في التصميم الداخلي للدور السكنية المعاصرة في مملكة البحرين
عدي علي الجبوري

الأرابسك التركيبي: مفهوم جديد
وجدان الهبوب الهادي النابلي

الانحلال الحراري بواسطة التحليل الحركي لمادة ممتزجة من ثلاثية الطور (PVA / ZnO / LiCl)
عبد الله فيصل محمد النعيم

تخفيف تأثير الإجهاد الملحي في نبات القمح بواسطة البكتيريا المنتجة لإنزيم (ACC deaminase) والمعزولة من ريزوسفير نبات الرطريط
أشرف خليفة و أشرف متولي و الربعي بن عمار و فاطمة علي فرغلي

تصنيع وتوصيف جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانومترية بالطريقة الخضراء باستخدام مستخلص أوراق الصبار عند قيم مختلفة من الأس الهيدروجيني
ماجدة سيد حنفي و دعاء أحمد عبد الفضيل و محمد عبد السلام محمد عليوة و نرمين أحمد كيلاني

دراسات نظرية الكثافة الوظيفية لفئة جديدة من النوكليوزيد أحادية الرأس مشتقة من حمض د - جلوكارك
صارة عمارة و نور الدين تشوار و عادل علي عثمان

الخواص الإلكترونية للسليولوز من خلال تقنيات النمذجة الجزيئية لمعالجة المياه غير الصالحة للشرب
عبد الباسط مكي و عبد العزيز سليمان العبودي

تقييم فعالية جزيئات أوكسيد الزنك النانوي في إكثار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) خارج الجسم الحي
خير الله عواد و أحمد ماضي المياحي و مازن عوني مهدي و أحمد صالح الأسدي و محمد حمزة عباس

تأثيرات إحلال البكتين بمطحون نوى التمر في مخاليط مربى الفراولة
ناشي خالد القحطاني

تأثير السمية النباتية للمستخلص المائي لأوراق نبات العشر (*Calotrois procera* (Aiton) W.T) على إنبات بذور بعض محاصيل الحبوب باستخدام تحليل «Probit»
عوض الله بلال دفع الله وسلوى جاد كريم عثمان

تحريك كرسي المُقعدين من خلال تمييز الأوامر العربية المتقطعة
خالد نهار و معاوية الشناق و رأفت الشرمان و رعد الخطيب و "محمد أشرف" العتوم

This title is indexed in CAB Abstracts

Scopus

العلوم الأساسية والتطبيقية

Basic and Applied Sciences

BAS

تنفيذ مطابع جامعة الملك فيصل - H 5550

المجلة العلمية

لجامعة الملك فيصل

(العلوم الأساسية والتطبيقية)

مجلة علمية محكمة

المجلد 21 - العدد 1

يونيو 2020م (1441هـ)

المجلة متوفرة في الإنترنت على الموقع
www.kfu.edu.sa/ar/departments/sjournal/Pages/Home.aspx

المجلة مفهرسة في قواعد النشر العالمية
كابي العالمية CABI و سكوبس SCOPUS


بسم الله الرحمن الرحيم

جميع الأبحاث العلمية المنشورة في هذا العدد محكمة

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة. ولا يسمح بإعادة طبع أو نشر أي جزء من المجلة أو نسخه بأي شكل وبأي وسيلة كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل والإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من رئيس هيئة التحرير.

الآراء المضمنة في كتابات هذه المجلة تعبر عن وجهات نظر كتابها ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل.

هيئة التحرير الرئيسة

رئيس هيئة التحرير
أ. د. غازي بن فيصل بسيوني

هيئة التحرير الفرعية
أ. د. شاربن سعد الشهري (رئيسا)
أ. د. نعمان محمد حيمور
أ. د. سيف الدولة مصطفى عبدالقادر

التدقيق اللغوي
أ. د. عادل مصطفى أبو سلامة
د. علي خليفة عبداللطيف
د. عبد الرحيم فتحي إسماعيل

الفريق الفني
فاضل بن محمد العامر
إبراهيم بن جواد العبدالله
خالد بن إبراهيم البريه
صلاح بن عبدالعزيز المحيميد

المشرف على موقع المجلة
عبدرب الأمير بن سلمان البوعلي

سكرتارية
حسين بن معتوق الهدلق

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل:

المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل مجلة علمية محكمة نصف سنوية تحت إشراف المجلس العلمي للجامعة. بدأ صدورها في عام 1420هـ (2000م). وهي تصدر تباعاً في إصدارين متخصصين: إصدار العلوم الإنسانية والإدارية وهو مفهرس في قاعدة بيانات معامل التأثير العربي، وإصدار العلوم الأساسية والتطبيقية، يصدر في يونيو وديسمبر، وهو مفهرس في قواعد النشر العالمية كابي (CABI) وسكوبس (SCOPUS).

الهدف ومجالات البحوث:

تهدف المجلة إلى إتاحة الفرصة للباحثين لنشر بحوثهم المبتكرة، الدراسات الاستعراضية (المرجعية)، عرض الكتب، خطابات المحرر والاستكتاب (في مواضيع محددة)

عنوان المراسلة

رئيس هيئة التحرير
المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
ص.ب 400 الأحساء 31982
المملكة العربية السعودية

تليفون : 5895237 أو 5895238 (13) 966

فاكس : 5896129 (13) 966

E.Mail : scijkfu@kfu.edu.sa

رقم الإيداع : 22/0843

الرقم الدولي المعياري: ردمد **ISSN** : 0311 – 1658

الرقم الدولي المعياري الإلكتروني: ردمد **EISSN** : 196-1441

مطبعة جامعة الملك فيصل -الأحساء

إرشادات أساسية للباحثين:

- تكتب البحوث باللغة الإنجليزية أو العربية. يرفق عنوان البحث وملخصه باللغة العربية للبحوث المكتوبة باللغة الإنجليزية وعنوان البحث وملخصه باللغة الإنجليزية للبحوث المكتوبة باللغة العربية على أن تكون ترجمة الملخص إلى اللغة الإنجليزية صحيحة ومتخصصة ولن تقبل الترجمة الحرفية للنصوص عن طريق مواقع الترجمة على الإنترنت.

- لا تقبل البحوث التي تنطوي على أعمال دعائية أو التي لا تتبع الأسلوب العلمي أو التي تتناول مواقف شخصية غير مقبولة قانونا.

- تعبر المواد المقدمة للنشر بالمجلة عن آراء ونتائج واستنتاجات مؤلفيها فقط.

- لا تنشر المواد إلا بعد التحكيم وقبولها للنشر.

- الباحث مسؤول بالكامل عن صحة النقل من المراجع المستخدمة كما أن هيئة تحرير المجلة غير مسؤولة عن أية سرقة علمية تتم في هذه البحوث.

مسار البحث المقدم للمجلة:

- عند إرسال بحث للمجلة يقوم الباحث بتعبئة نموذج الإقرار المرسل له من المجلة الذي يقضي بمسؤوليته عن المحتوى العلمي، وبأن البحث أصلي ولم يسبق نشره.

- تتم مراجعة مطابقة البحث للقواعد المذكورة فيما بعد وتحديد الحاجة لأي تعديلات أساسية.

- يتم تقدير نسبة الاقتباس المخالف لقوانين الملكية الفكرية ببرنامج Ithenticate.

- يخطر مقدم البحث بتلك الملاحظات لتعديل ما يلزم ثم إعادة إرسال البحث للمجلة لاستلامه رسميًّا.

- تنظر هيئة التحرير في صلاحية البحوث ومطابقتها لأهداف النشر بالمجلة، حيث إن المواد المقدمة للنشر يجب ألا يكون قد سبق نشرها أو تقديمها للنشر إلى جهة أخرى. وفى حال مطابقتها يتم اختيار محكمين اثنين لإرسال البحث لهما. وتتبع المجلة سياسة التحكيم المزدوج مجهول الهوية، وعدم تضارب المصالح.

- في حالة تعارض قرارات المحكمين يتم توجيه البحث لمحكم ثالث مرجح لأحد الرأيين لقبول أو رفض النشر.

- يرسل قرار المحكمين النهائي للباحث ويكون القرار واحداً مما يأتي:
  - قبول البحث بدون تعديلات.
  - قبول البحث بعد تعديلات طفيفة.
  - طلب تعديلات أساسية وإعادة عرضه على المحكم/ المحكمين.
  - رفض البحث.

- بعد استيفاء الباحث للتعديلات يعاد البحث مرفقا بقائمة بما تم أو لم يتم تعديله ومبررات عدم التعديل.

- يرسل البحث لهيئة التحرير للتأكد من تنفيذ كل ملاحظات المحكمين والنظر في قبول ملاحظات الباحث على عدم تنفيذ بعض الملاحظات. يمكن لهيئة التحرير إضافة تعديلات على البحث لم ترد في تقارير المحكمين إضافة إلى تعديلات التدقيق اللغوي على البحث بموافقة الباحث.

- بعد قيام الباحث بجميع المتطلبات السابقة ، يرسل إليه البحث في صورته النهائية قبل النشر لأخذ موافقته عليه. ومن ثم يتم إرسال خطاب قبول البحث للنشر.

- عقب قبول النشر، لا يسمح بنشر المادة بالشكل نفسه بأي لغة في أي جهة أخرى إلا بتصريح كتابي من رئيس هيئة التحرير.

- يتم نشر أعداد المجلة إلكترونيا على شبكة المعلومات ويعقب ذلك نشرها مطبوعة ورقيا.

- يمكن الاطلاع على أعداد المجلة إلكترونيا من خلال موقعها:

http://www.kfu.edu.sa/ar/departments/sjournal/pages/home.aspx

قواعد الكتابة:

الصفحات:

- لا يزيد عدد صفحات بحوث العلوم الإنسانية والإدارية عن 30 صفحة. ولا يزيد عن 20 صفحة لبحوث العلوم الأساسية والتطبيقية. وفي حالة الدراسات المرجعية (وهي التي تلخص معلومات واردة في أعمال أخرى ولا تشمل عملا بحثيا جديدا قام به الباحث) لا يزيد عدد صفحاتها عن 40 صفحة ولا يقل عدد مراجعها عن 50 مرجعًا.
- يكون مقاس الصفحة A4، الهوامش 2.5 سم من جميع الجهات، المسافة بين الأسطر مسافة ونصف بخط الكتابة (Times New Roman 12) للغة الإنجليزية، ومسافة ونصف بخط (Simplified Arabic 14) للأبحاث باللغة العربية. (ويسري ذلك على الآيات القرآنية الكريمة والأحاديث النبوية الشريفة وكل العبارات الواردة مثل (صلى الله عليه وسلم) و (رضي الله عنه) ونحو ذلك.

يتكون البحث من الفقرات الآتية:
العنوان – بيانات الباحث / الباحثين – الملخص بلغة البحث – الكلمات المفتاحية بلغة البحث – المقدمة – المواد وطرق العمل – النتائج والمناقشة – شكر و تقدير (إن لزم) – المراجع – العنوان باللغة الثانية - بيانات الباحثين باللغة الثانية - ملخص البحث باللغة الثانية – الكلمات المفتاحية باللغة الثانية.
- لا يزيد عدد مستويات الخطوط للعناوين الأساسية والفرعية عن ثلاثة.

عنوان البحث:
- يكتب العنوان باللغتين العربية والإنجليزية.
- يجب أن يكون العنوان مختصرا قدر الإمكان ويعبر عن هدف البحث بوضوح ويفضل أن يكون في حدود 12 إلى 15 كلمة. ويجب ألا يكون العنوان عاما بدرجة لا يمكن معها تحديد هوية البحث.
- يلي العنوان اسم المؤلف (المؤلفين) وجهة عمل المؤلف (المؤلفين) باللغتين العربية والإنجليزية، مع ذكر بيانات القسم العلمي الذي ينتمي إليه الباحث وتمييز الباحث المراسل.

الملخص:
يكتب الملخص باللغتين العربية والإنجليزية ويجب أن يكون موجزا ومحتوياً على العناصر التالية: تقديم وأهمية البحث، أهداف البحث، طرق الإجراء (الآليات) وأهم النتائج، والتوصيات إن وجدت ولا يزيد عدد كلماته عن 250 كلمة.
- وفي حالة استعمال مقياس أو استبانة علمية يجب ذكر حجم العينة وذكر أن الاستبانة أو المقياس قد خضع للتقييم العلمي وإجراءات الصدق والثبات قبل استخدامه في الدراسة.

الكلمات المفتاحية:
تكتب ست كلمات مفتاحية باللغتين العربية والإنجليزية تلخص مجالات اهتمام البحث، وتكون مرتبة هجائيًا (كل واحدة حسب لغتها) كل في موضعه، وفقًا للغة البحث، ويجب ألا يكون قد سبق ذكرها في العنوان.

المقدمة:
- يجب أن تشتمل على ملخص علمي لأهمية وتطور موضوع البحث وتنتهي بتحديد الهدف من إجرائه.
- في حالة البحوث المستلة من رسائل أو المستخلصة منها (يجب النص على ذلك).
- تكتب المراجع داخل المتن إذا كانت في بداية الجملة بكتابة اسم عائلة الباحث/الباحثين يليها تاريخ النشر بين قوسين، في حالة كون المرجع لأكثر من باحثين يكتب اسم عائلة الباحث الأول متبوعا بكلمة (وآخرون) ثم تاريخ النشر بين قوسين. أما في حالة كتابة المرجع في نهاية الجملة فيكتب بين قوسين كتابة اسم عائلة الباحث/الباحثين، اسم عائلة الباحث الأول وكلمة (وآخرون) إذا كان البحث لأكثر من باحث واحد، يعقب ذلك كتابة تاريخ النشر.

المواد وطرق العمل:
يجب أن تحتوي على تفاصيل طريقة إجراء البحث والتحاليل الإحصائية والمراجع المستخدمة لهما.

النتائج والمناقشة:
يمكن كتابة النتائج والمناقشة تحت عنوان واحد أو تحت عنوانين منفصلين. في حالة البيانات المجدولة توضع الجداول والأشكال داخل المتن في أول موقع متاح عقب ذكرها برقمها في المتن. ويستحب عدم إعادة كتابة الأرقام المذكورة بالجداول ويفضل الإشارة إلى وجودها بالجدول أو الشكل وتناقش النتائج بالتفصيل بالاستعانة بالمراجع ذات الصلة بالبحث.
شكروتقدير: (حسب الحاجة) لممولي البحث أو لمن قدم مجهودا خاصا لإنجاز البحث وليس من المؤلفين.

قائمة المراجع:
- تكتب قائمة المراجع المستخدمة في البحث مرتبة هجائيا حسب النمط الموضح بعد اسم العائلة للباحث الأول. وفي حالة وجود أبحاث بلغتين تبدأ القائمة بالأبحاث المكتوبة بلغة البحث ثم يليها تلك المكتوبة بلغة أخرى.
- تضم كل المراجع في قائمة واحدة بغض النظر عن طبيعة المرجع، ولا يستخدم الترقيم التسلسلي أو التعدد النقطي ولا يذكر تاريخ وفاة المصنفين، ولا تستخدم في بيانات المراجع أي مصطلحات توضيحية مثل كلمة (الناشر:) أو كلمة (بلد النشر:)، ويوضع تاريخ النشر بين نقطتين كما هو موضح في أمثلة كتابة المراجع.
- المراجع المأخوذة من شبكة المعلومات يلزم فيها كتابة العنوان التفصيلي الذي يفتح الصفحة الخاصة بالمرجع مباشرة وليست الصفحة العامة للموقع، مع الإشارة إلى اسم الكاتب واسم الموضوع وكتابة تاريخ استرجاع المعلومات.
- لا تستخدم الأقراص المدمجة ونحوها كمراجع إلا إذا كان لها رقم إيداع (ويجب حينها ذكر رقم الإيداع

في بيانات المرجع).

- يبدأ كل مرجع باسم العائلة متبوعا بالحرف الأول للاسم الأول ثم الحرف الأول للاسم الأوسط (للمراجع باللغة الإنجليزية) أو اسم العائلة متبوعا بالاسم الأول ثم الأوسط (للمراجع باللغة العربية) ثم تكتب أسماء الباحثين المشاركين بالطريقة نفسها. البحوث المنشورة لنفس الباحث/الباحثين في السنة نفسها ترتب بكتابة الأحرف a, b, c إلخ... بعد كتابة التاريخ مثال ذلك (2012a ,2012b,2012c).
- (لا يتم استخدام كلمة (وآخرون) أو (*et al.*,) في قائمة المراجع):

ويرجع للتفصيل الآتي في نمط كتابة أنواع المراجع المختلفة:

أمثلة لكتابة قائمة المراجع باللغة العربية:

الشبكة العنكبوتية (الإنترنت):

مثال : الأحمدي، نرجس. 2008م. بين الواقع والخيال. تاريخ الاسترجاع: 7-27-2014م. على الرابط الألكتروني:- http://www.siironline.org/alabwab maqalat&mohaderat(12)/1146.htm.

الدوريات:

الحربي، نايف محمد، وزهران، نيفين محمد. 1431هـ. فاعلية الذات وعلاقتها بوجهة الضبط في ضوء عدد من المتغيرات لدى عينة من طالبات كلية التربية للبنات بالمدينة المنورة. المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، إصدار العلوم الإنسانية والإدارية، المجلد الحادي عشر، العدد الثاني، ص ص 321-380.

الكتب:

الغزالي، محمد. 1403هـ خلق المسلم. الطبعة الرابعة، دار القلم، بيروت، لبنان.

الترجمة:

ليندأور، مارتن. ترجمة: عبد الحميد، شاكر. 1996م. الدراسة النفسية للأدب. الهيئة العامة لقصور الثقافة، القاهرة، مصر.

رسائل الماجستير والدكتوراه:

اللهيبي، أحمد. 1995م. وجهة الضبط ومفهوم الذات لدى المدخنين وغير المدخنين. رسالة ماجستير. كلية التربية، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية.

أمثلة لكتابة قائمة المراجع باللغة الإنجليزية

الشبكة العنكبوتية(الإنترنت):

Fonseco, M. 2013. Most common reason for Journal rejections. Retrieved on 12-12-2013 from: http://www.editage.com/insights/most-common-reasons-for-journal-rejections.

الدوريات:

Basiouni, G.F., Khalid, M., and Haresign, W. 1996. Effect of bovine follicular fluid treatment and progesterone priming on luteal function in GnRH-treated seasonally anoestrous ewes. Animal Science. 62(3): 443-450.

المؤتمرات والندوات وورش العمل:

Barano, J.L.S., and Hammond, J.M. 1985. Studies of action of FSH or progesterone secretion by immature granulosa cells maintained in serum-free conditions. p. 345-350. *In*: Toft, D.O., and Ryan, R.J. (Eds.) Proceedings 5th Ovarian Workshop, Dec. 5th 1985. Champaign, IL-USA.

الملخصات في المؤتمرات والندوات:

Campbell, B.K., Scaramuzzi, R.J., and Webb, R. 1993. IGF-1 stimulates oestradiol production in sheep, both *in vitro* and *in vivo*. J. Reprod. Fert., Abstr., series number 12. Abstr. No 23.

الكتب:

Haresign, W. 1983. Sheep Production. Butterworths, London.

فصل في كتاب:

Haresign, W., McLeod, B.J., and Webster, G.M. 1983. Endocrine control of reproduction in the ewe. p.353-379. *In*: Haresign, W. (Ed.) Sheep Production. Butterworths, London

رسائل الماجستير والدكتوراه:

Al-Shihry, S.S. 1993. Optically active photochromic fulgides. PhD Thesis. University of Wales, Cardiff, UK.

الجداول:

يكتب رقم وعنوان الجدول أعلاه بحيث يكون ملخصا

لمحتواه، وتكتب الحواشي في أسفله بشكل مختصر. يجب أن يكون الجدول في نطاق عرض الصفحة وأن تكون الأرقام بحجم مقروء ويفضل أن يتم تنسيقها عموديا (قدر الإمكان) لتسهيل قراءتها دون الحاجة إلى إدارة الصفحة. ويوضع الجدول مباشرة بعد ذكره في المتن قدر الإمكان. ويشار إلى الجدول دائماً برقمه سواءً قبل أو بعد وضعه وترقم الجداول تسلسليا حسب تسلسل ذكرها في المتن.

الأشكال والصور:

يكتب رقم وعنوان الشكل أسفله (تعامل الصور معاملة الأشكال تحت مسمى: شكل) ويفضل أن يتم تنسيق الأشكال عموديا (قدر الإمكان) لتسهيل دراستها دون الحاجة إلى إدارة الصفحة وترفق مستقلة عن البحث بدقة عالية بصيغة jpeg. ويوضع الشكل مباشرة بعد ذكره في المتن قدر الإمكان. ويشار إلى الشكل دائماً برقمه سواءً قبل أو بعد وضعه ويرقم تسلسليا حسب تسلسل ذكره في المتن. في الرسوم البيانية يستخدم مفتاح لتمييز خطوط الرسوم ولا تستعمل الألوان القريبة من بعضها لتسهيل تمييز تلك الخطوط بعد الطباعة.

الاختصارات:

يجب استخدام «The World List of Scientific Periodicals» عند الحاجة لاختصار عناوين الدوريات العلمية في قائمة المراجع.

يجب استخدام الاختصارات المقننة دوليا بدلا من كتابة الكلمة كاملة مثل: سم، ملم، كلم و% (لكل من سنتمتر، مليمتر، كيلومتر والنسبة المئوية، على الترتيب). يفضل استخدام المقاييس المترية وفي حالة استخدام وحدات أخرى يكتب المعادل المتري لها بين أقواس مربعة.

في حالة ذكر وحدات قياس أو أسماء دارجة إقليميا للكائنات الحية في المتن يذكر عقبها مباشرة المقابل لها بالوحدات القياسية أو الاسم اللاتيني للكائن.

الحواشي: تستخدم لتزويد القارئ بمعلومات توضيحية. يشار إلى الحاشية في المتن بأرقام بين قوسين مرتفعة عن السطر، ترقم الحواشي داخل المتن وتكتب حواشي كل صفحة أسفلها مفصولة عن المتن بخط ولا تجمع في نهاية المتن. يعاد ترقيم الحواشي ابتداءً من الرقم (1) مع بداية كل صفحة جديدة.

المستلات: يحصل المؤلف/المؤلفون على 20 مستلة عن كل بحث بدون مقابل.

الاشتراك والتبادل بين الجهات العلمية: عن طريق هيئة التحرير.

المصدر: يرجع إلى قواعد النشر والترجمة وتعضيد التأليف بالجامعة إذا لم يرد نص في هذه القواعد.

التقديم للأبحاث

1- ترسل البحوث المراد نشرها وجميع المراسلات الأخرى الخاصة ببحوث العلوم الإنسانية والإدارية إلى بريد المجلة التالي: sjkfu-hm@kfu.edu.sa

2- ترسل البحوث المراد نشرها وجميع المراسلات الأخرى الخاصة ببحوث العلوم الأساسية والتطبيقية إلى بريد المجلة التالي: scijkfu@kfu.edu.sa

كما يمكن إرسالها عن طريق العنوان البريدي للمجلة وهو:

رئيس هيئة تحرير المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
جامعة الملك فيصل
ص.ب: 400
الأحساء 31982
المملكة العربية السعودية
فاكس: 966135801257

الفهرس

القسم العربي

❑ علوم

- **ممتص موجات كهرومغناطيسية رباعي الحزمة باستخدام المواد ذات معامل الانكسار السالب (الميتامتيريل)**
خالد سعيد لطيف البدري و فهد قاسم محمد 1

❑ زراعة

- **استخلاص وتنقية المستقلبات الثانوية لأنواع العصوية *Bacillus spp.* ودراسة خواصها التثبيطية ضد بعض أنواع البكتيريا**
إيمان عبدالله الإمارة و غيداء جاسم الغزاوي..... 13

- **اختبار كفاءة السماد الحيوي من العزلة المحلية *Sinorhizobium fredii* في نمو و إنتاج نبات اللوبياء *Vigna unguiculata* L**
وائل محمد مهدي و عبدالكريم عريبي سبع الكرطاني 29

- **تجديد سلالات من الكالوس المجهد في ثلاثة أصناف من البطاطا (*Solanum tuberosum* L) ودراسة مدى تحملها للإجهاد الملحي**
ريما مصا و فهد البيسكي و خليل المعري 41

❑ عمارة

- **سمات الذوق العام في التصميم الداخلي للدور السكنية المعاصرة في مملكة البحرين**
عدي علي الجبوري 55

القسم الإنجليزي

❑ رياضيات

- **الأرابسك التركيبي: مفهوم جديد**
وجدان الهبوب الهادي النابلي 67

❑ علوم

- **الانحلال الحراري بواسطة التحليل الحركي لمادة ممتزجة من ثلاثية الطور (PVA / ZnO / LiCl)**
عبد الله فيصل محمد النعيم 77

- **تخفيف تأثير الإجهاد الملحي في نبات القمح بواسطة البكتيريا المنتجة لإنزيم (ACC deaminase) والمعزولة من ريزوسفير نبات الرطريط**
أشرف خليفة و أشرف متولي و الربعي بن عمار و فاطمة علي فرغلي 89

- **تصنيع وتوصيف جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانومترية بالطريقة الخضراء باستخدام مستخلص أوراق الصبار عند قيم مختلفة من الأس الهيدروجيني**
ماجدة سيد حنفي و دعاء أحمد عبد الفضيل و محمد عبد السلام محمد عليوة و نرمين أحمد كيلاني 103

- **دراسات نظرية الكثافة الوظيفية لفئة جديدة من النوكليوزيد أحادية الرأس مشتقة من حمض د - جلوكارك**
صارة عمارة و نور الدين تشوار و عادل علي عثمان 111
- **الخواص الإلكترونية للسليولوز من خلال تقنيات النمذجة الجزيئية لمعالجة المياه غير الصالحة للشرب**
عبد الباسط مكي و عبد العزيز سليمان العبودي 127

❑ **زراعة**

- **تقييم فعالية جزيئات أوكسيد الزنك النانوي في إكثار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) خارج الجسم الحي**
خير الله عواد و أحمد ماضي المياحي و مازن عوني مهدي و أحمد صالح الأسدي و محمد حمزة عباس 135
- **تأثيرات إحلال البكتين بمطحون نوى التمر في مخاليط مربى الفراولة**
ناشي خالد القحطاني 149
- **تأثير السمية النباتية للمستخلص المائي لأوراق نبات العشر (*Calotrois procera* (Aiton) W.T) على إنبات بذور بعض محاصيل الحبوب باستخدام تحليل «Probit»**
عوض الله بلال دفع الله وسلوى جاد كريم عثمان 163

❑ **هندسة**

- **تحريك كرسي المُقعدين من خلال تمييز الأوامر العربية المتقطعة**
خالد نهار و معاوية الشناق و رأفت الشرمان و رعد الخطيب و "محمد أشرف" العتوم 171

ممتص موجات كهرومغناطيسية رباعي الحزمة باستخدام المواد ذات معامل الانكسار السالب (الميتاماتيريل)

خالد سعيد لطيف البدري[2،1] و فهد قاسم محمد [1]

(1) قسم الفيزياء، جامعة سامراء، العراق

(2) مركز الحاسبة الإلكترونية، جامعة سامراء، العراق

استلام 18 فبراير 2019م - قبول 13 نوفمبر 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2055

الملخص

تقدم هذه الدراسة نتائج تحليلية وعملية لتصميم بسيط جدًّا لممتص موجات كهرومغناطيسية ذي معامل انكسار سالب، وهو يمثل حلقتين من النحاس مثبتتين على طبقة عازلة تفصلها عن طبقة أرضية مستوية من النحاس، حيث يمتاز هذا الهيكل ببساطة التصميم ونحافة السُمك. تم تنفيذ التصميم واستخلاص النتائج باستخدام برنامج CST. يوفر هذا التصميم أربع مناطق امتصاص ذات قدرة امتصاص تصل إلى 99 %. إن هذا الامتصاص ناتج عن تذبذب ثنائي القطب في الجزأين العلوي والسفلي للحلقتين. إضافة لذلك فإن التحكم في أبعاد التصميم للحلقتين وسُمك الطبقة العازلة يقود إلى نتائج جيدة في توليف التردد الرنيني. وبينت النتائج المختبرية أنها قريبة جدًّا من النتائج التحليلية في نسب الامتصاص. من جانب آخر أظهرت نتائج التحكم بالأبعاد الهندسية للتصميم إمكانية الحصول على ممتص ذي حزمة امتصاص عريضة يمكن الاستفادة منها في تطبيقات تجميع الطاقة والحماية من آثار الموجات الكهرومغناطيسية. كما تجدر الإشارة إلى إمكانية تطوير التصميم للعمل في مدى واسع من الترددات مثل المايكروويف، التيراهيرتز، وصولاً إلى الترددات الضوئية، مما قد يسهم في التطبيقات المحتملة في العديد من مجالات التكنولوجيا الضوئية والهندسية.

الكلمات المفتاحية: رباعي الحزمة، معامل انكسار سالب، مواد ذات خصائص خارقة، موجات كهرومغناطيسية، ممتص مثالي.

المقدمة

المواد ذات الخصائص الخارقة أو مواد ما وراء الطبيعة (metamaterial) وهي مواد ذات خصائص مثالية (في طيف الموجات الكهرومغناطيسية) وبحجم خلية متناهية في الصغر مقارنة بالطول الموجي جذبت انتباه العلماء في العقدين السابقين بسبب خصائصها الغريبة التي لا تتوفر بصورة حرة في الطبيعة مثل إخفاء الأجسام (Schurig *et al.*, 2006)، العدسات المثالية (Ergin *et al.*, 2000)، معامل الانكسار السالب (Smith *et al.*, 2004)، المرنانات الحلقية المنفصلة (Wang *et al.*, 2014 ; Pendry *et al.*, 1999)، البنية الشبكية (Yang *et al.*, 2011)، الحلقات الموصلة المفصولة عن بعضها (Dolling ; Al-Badri, 2018 *et al.*, 2005)، الموجات الخلفية (Al-Badri *et al.*, 2018)، والعديد من الهياكل الأخرى التي تم اقتراحها في المراجع لتحقيق الخصائص الكهرومغناطيسية للمواد ذات الخصائص الخارقة (Liu *et al.*, 2009; Al-Badri, 2018)، معظم الهياكل المقترحة للمواد خارقة الخصائص تعتمد في الأساس على مرنان معدني يتذبذب بشدة ضمن النطاق الترددي للتصميم، مع وجود خسائر كبيرة في الطاقة لا مفر منها أبدًا. مما ينعكس سلبا على أدائها. من جانب آخر تؤدي هذه الخسائر دورًا جوهريًّا في الترددات الضوئية.

شهد العالم أول ممتص مثالي في عام 2002 من قبل لاندي وآخرون وبقدرة امتصاصية تصل إلى 88% وكان يتألف من حلقة منفصلة وقطعة من سلك، مفصولان عن بعضهما بركيزة عازلة (Landy *et al.*, 2008). ومنذ ذلك الحين، لاقت الممتصات المثالية المعتمدة على تقنية المواد خارقة الخصائص اهتمامًا كبيرًا في الأبحاث، وقد طرح عدد كبير من الهياكل الهندسية في هذا المجال (Huang *et al.*, 2012 ; Shchegolkov *et al.*, 2010)؛ وذلك لقدرتها على تحقيق امتصاص للموجات الكهرومغناطيسية تصل إلى 100 % ولأهميتها في العديد من التطبيقات مثل الكشف الطيفي، تحديد الطور، التصوير الحراري، مقياس السُمك الدقيق

وتطبيقات الخلايا الشمسية. في الواقع فإن تطوير الممتص المثالي بحيث يكون ذا قيمة عالية جدًّا في حزمة ترددات التيرا هيرتز أمر مهم؛ حيث من الصعب جدًّا العثور على مواد طبيعية ذات قدرة امتصاص مثالية ضمن ترددات التيرا هيرتز. هذا النوع من الممتصات يمكن أن يستخدم في أنظمة الأمن في المطارات ومنظومات التصوير والكاشفات الحرارية وغيرها. ولا تقل أهمية الممتصات التي تعمل في حزمة المايكروويف لما تحمله من أهمية في تقليل التشويش في الرادارات وتجميع الطاقة والاستفادة منها في الشحن اللاسلكي والتخفي من الاكتشاف في الصناعات العسكرية والمستشعرات وغيرها. عدة جهود عملت على تحقيق الامتصاص المثالي للأشعة الكهرومغناطيسية في جيجا هيرتز. على سبيل المثال في دراسة Fernández Álvarez *et al.* (2015) حققوا ممتص حزمة واحدة بنسبة امتصاص 98 %. أما Landy *et al.* (2009) فحصلوا على استقطاب امتصاص غير محسوس مع امتصاص بنسبة 77 %. أما Shchegolkov *et al.* (2010) فأظهروا امتصاص مفرد وبزاوية استقطاب واسعة.

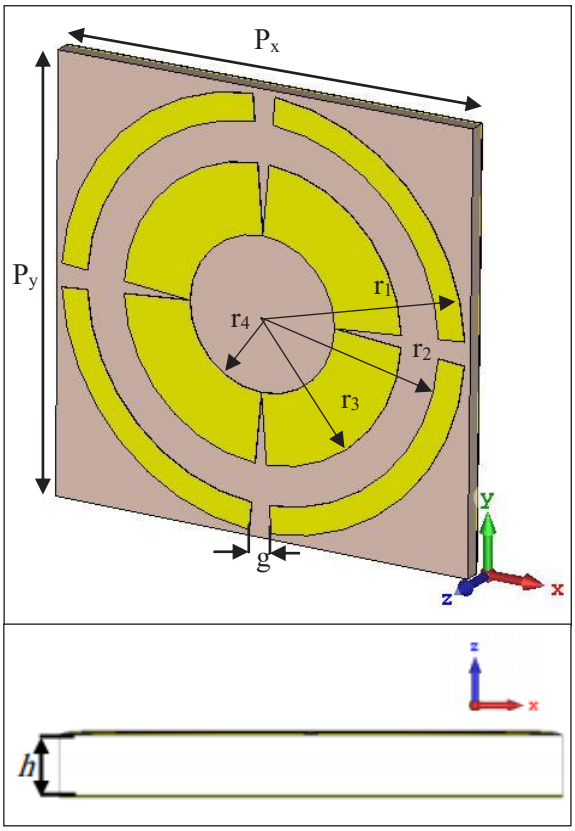
إن جميع هذه الجهود تشترك في عيب، وهو ضيق عرض حزمة الموجة الممتصة والتي تعوق بشكل كبير التطبيقات العملية. في وقت لاحق، تم اتباع بعض الطرق لتطوير حزمة الامتصاص أو تعدد حزم الامتصاص في الجيجا هيرتز، مثلاً ممتص ثنائي الحزمة وثلاثي الحزمة (Wang *et al.*, 2014 ; Tao *et al.*, 2010) بالإضافة إلى ذلك فإن بعض الجهود عملت على تطوير مواد ممتصة ذات نطاق عريض بواسطة تكديس طبقات متعددة من المرنانات المعدنية ضمن الخلية الواحدة (Grant *et al.*, 2011 ; Wang *et al.*, 2014).

على أي حال، في كثير من الحالات الممتص ثنائي الحزمة الضيقة هو أمر ضروري في التصوير الطيفي وأجهزة الاستشعار. وفي هذا الصدد فإن امتصاص المواد للحزمة الضيقة تشترك في بعض العيوب هي: أولاً: أداء الامتصاص للهيكل المقترح يكون حساس لاستقطاب الموجات الساقطة والتي تعوق بشكل كبير التطبيقات العلمية. ثانيًا: السطح غير المستوي لتركيب الهياكل يجعل تصنيعها صعبًا جدًّا، وخاصة عند الترددات مثل تيرا هيرتز، الأشعة تحت الحمراء، والترددات الضوئية. وأخيرًا، الأهم من ذلك هو أنه من الصعب زيادة قدرة الامتصاص.

هذه الدراسة تقدم ممتصا رباعي الحزمة ضمن حزمة ترددات المايكروويف. إنه في أغلب التصاميم يتم اعتماد هيكل من ثلاث طبقات؛ طبقتان معدنيتان يفصلان عن بعضهما بواسطة عازل كهربائي. يتم اختيار شكل وأبعاد الطبقة المعدنية الأولى حسب ما يقتضيه العمل، أمّا الطبقة المعدنية الأخيرة غالبًا ما تكون سطحًا مستويًا؛ حيث تعمل على منع أي انتقال للموجة الكهرومغناطيسية، وتكون عاكسة كالمرآة للموجة في الوقت نفسه. يتألف التصميم من حلقتين معدنيتين موضوعتين على طبقة عازلة تفصلها عن الطبقة النحاسية الأرضية. حيث أظهرت النتائج وجود أربعة مناطق امتصاص مثالية تصل ذروتها إلى أعلى من 99 %. آلية الامتصاص للماص الرباعي تتكون من تداخل أربعة ترددات رنينية مختلفة. أكثر من ذلك يمكن التحكم في أبعاد وخصائص التصميم لتوليف تردد وسعة امتصاص الموجة. يهدف البحث إلى إمكانية تطوير طرق الامتصاص للأشعة الكهرومغناطيسية والحصول على مناطق امتصاص ذات قدرة امتصاص عالية تستخدم في تطبيقات علمية عديدة.

المواد وطرق العمل

في هذا البحث تم تصميم ممتص على شكل قرص وحلقة من النحاس تم فصلهما عن الطبقة الأرضية بواسطة عازل من نوع stands (for Flame Retardant FR-4) وبسمك (h=0.8 mm)، إذ إن قيمة السماحية النسبية (Relative Permittivity ε_r=.34) وخسائر الظل (tangent dielectric loss $\tan\delta = 0.025$). الشكل (1) يعرض المسقط العمودي لخلية واحدة من التصميم المقترح مثبت عليها تفاصيل الأبعاد كما هو مبين في الجدول (1). وتجدر الإشارة إلى أن المعدن المستخدم هو من النحاس وبتوصيلية قدرها 5.8×10^7 s/m.

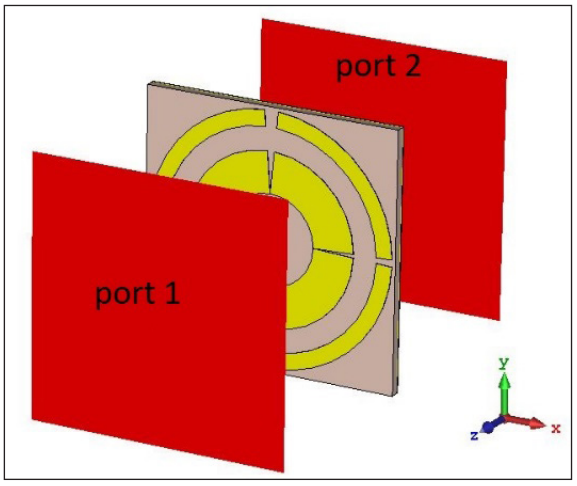


شكل (1): (a) منظر سطحي يوضح الأبعاد لخلية واحدة، (b) منظر جانبي

جدول رقم (1) تفاصيل الأبعاد للتصميم المقترح

المتغير	القيمة (ملم)
P_x	20
P_y	20
r_1	9.75
r_1	8.5
r_1	6.7
r_1	3.5
g	1.1
h	0.8

تم تحليل التصميم باستخدام برنامج (CST Microwave studio MWS) في حزمة الترددات من 17GHz إلى 23GHz على افتراض أن النمط الموجي هو من نوع النمط الأساسي TE_{10}؛ أي يكون متجه انتشار الموجة k على طول اتجاه المحور z ومتجه المجال الكهربائي E موازٍ إلى اتجاه المحور y ومتجه المجال المغناطيسي H موازٍ إلى المحور x ونوع التحليل هو (Frequency domain analyzing) انظر الشكل (2).



شكل (2): إعدادات برنامج CST

النتائج والمناقشة

نتائج التصميم

بعد استخلاص قيم S باستخدام برنامج CST يتم احتساب قيم الامتصاص للتردد حسب المعادلة:

$$A = 1 - R - T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث إن قيمة A تمثل معامل الامتصاص وR تمثل معامل الانعكاس وT تمثل معامل النفاذية (Hu *et al.*, 2013 ; Sabah *et al.*, 2014).

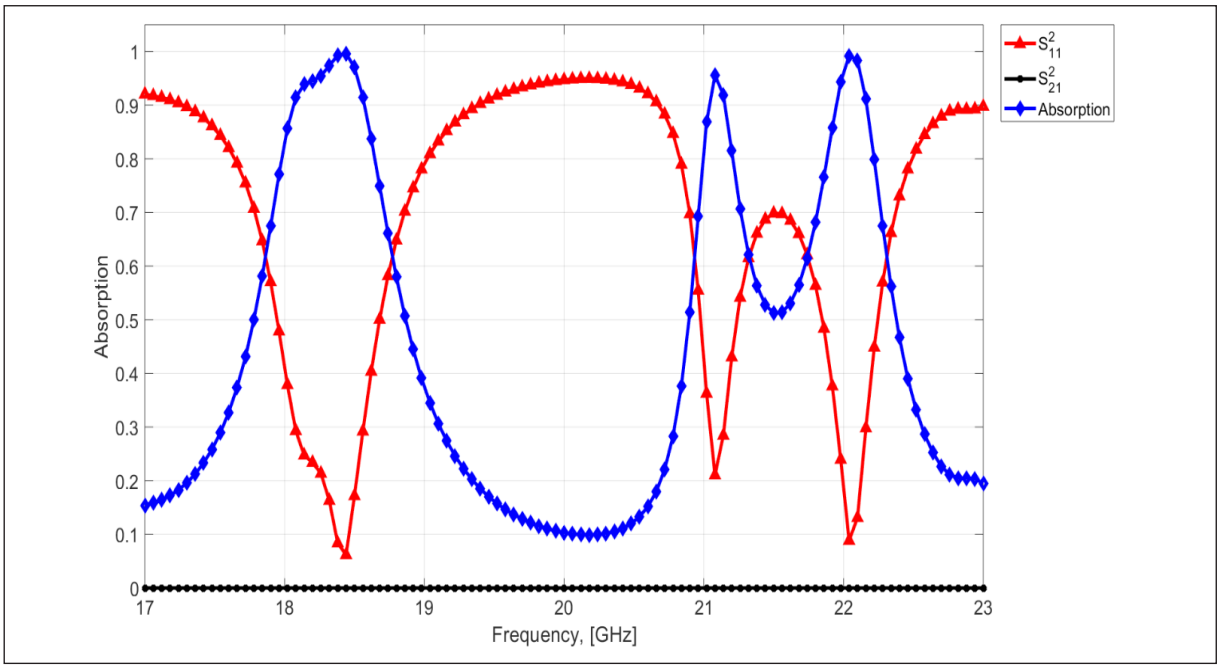
كما أن قيمة معامل الانعكاس هي:

$$R^2 = |S_{11}|^2$$

ومقدار معامل النفاذية:

$$T^2 = |S_{21}|^2$$

يوفر التصميم أربعة مناطق امتصاص؛ الأولى عند تردد 18.164 GHz وبمقدار امتصاص 94.85% ومنطقة الامتصاص الثانية عند تردد 18.422 GHz وبمقدار امتصاص 99.83% ومنطقة الامتصاص الثالثة عند تردد 21.091 GHz وبمقدار امتصاص 95.78% ومنطقة الامتصاص الرابعة عند تردد 22.058 GHz وبمقدار امتصاص 98.67% كما في الشكل (3) الذي يوضح مناطق الامتصاص والانعكاس والانتقال للإشعاعات الكهرومغناطيسية.

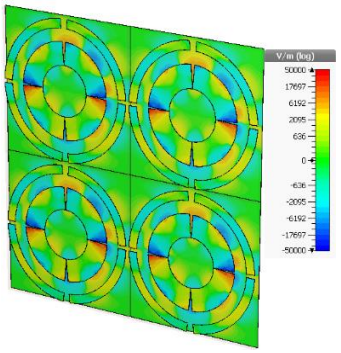
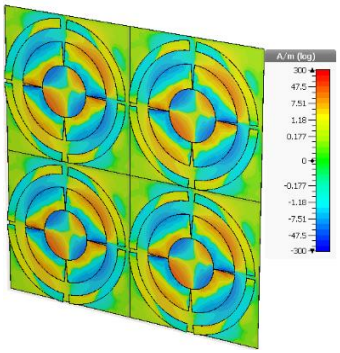
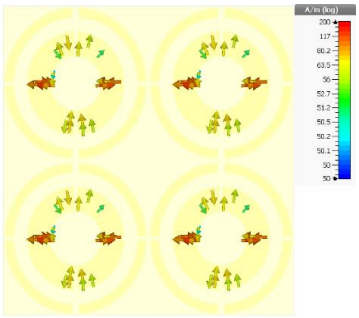
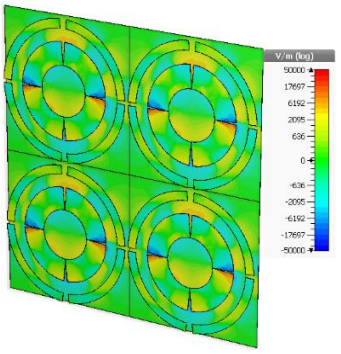
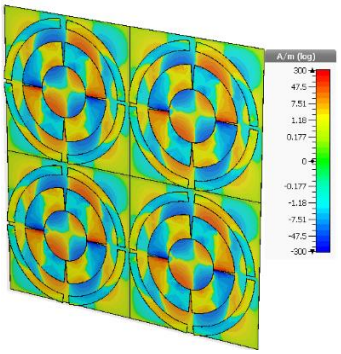
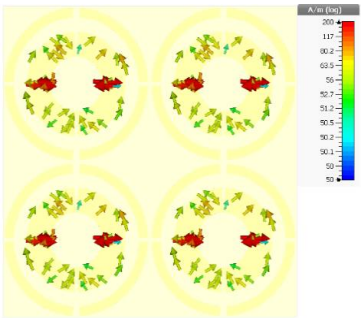
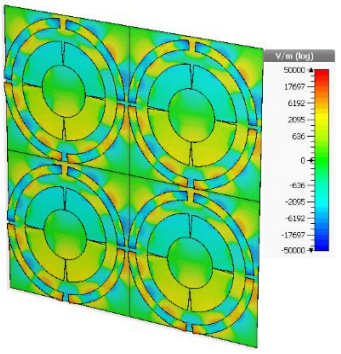
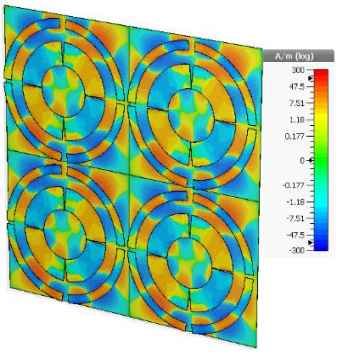
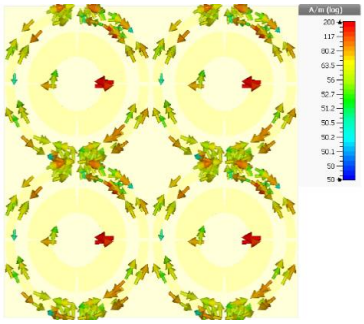
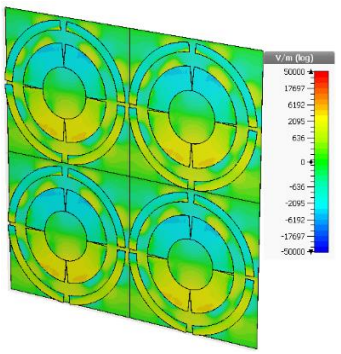
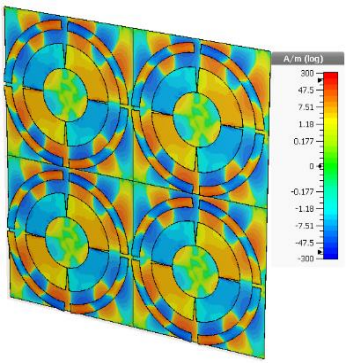
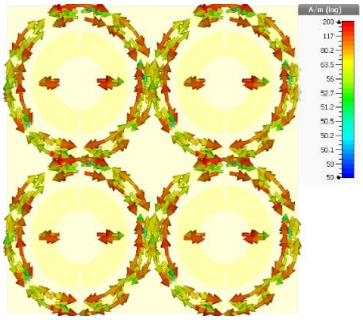


شكل (3): مستوى الامتصاص لجميع مناطق الامتصاص

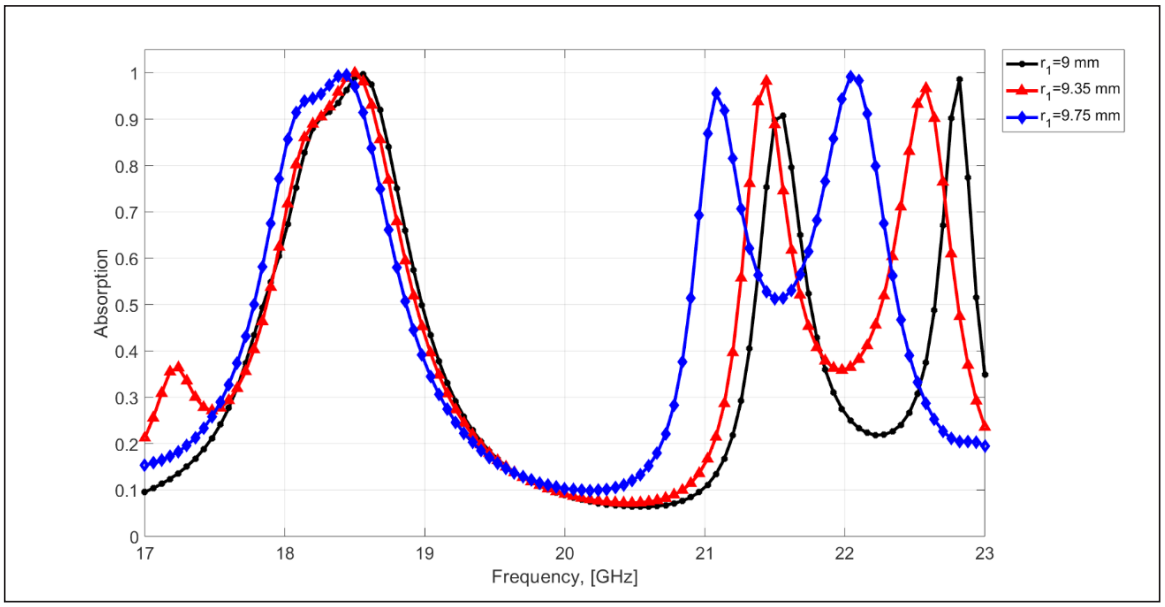
ولغرض دراسة الأسباب وراء هذه النتائج تم إجراء تحليل لتوزيع المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي والتيار السطحي وكذلك ما يعزز –في الشكل رقم (4)– (المجال الكهربائي (a)، المجال المغناطيسي(b)، التيار السطحي(c)) على التوالي؛ حيث يبين منطقة الامتصاص الأولى عند تردد 18.164 GHz. يتوزع المجال الكهربائي بشكل واضح على جانبي القطع في الحلقة الداخلية، وهو يتعاكس في اتجاهه مع المجال الكهربائي للطبقة الأرضية، مما يشير بشكل واضح إلى أن نوع الرنين هو ثنائي القطب الناتج عن تذبذب المجال الكهربائي (Sabah *et al.*, 2014)، وكذلك ما يعزز هذا الاستنتاج هو توزيع التيار السطحي؛ كون التيار يتركز عند منطقة القطع في الحلقة الداخلية شكل 4(c). عند التردد 18.422 GHz يتوزع المجال الكهربائي في نفس منطقة التردد الأول، شكل 4(d) وفي الوقت ذاته يشير توزيع المجال المغناطيسي كذلك إلى تذبذبه على جانبي منطقة القطع مما يشير كذلك إلى أن نوع الرنين هو ثنائي القطب الناتج عن تذبذب كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي (Grant *et al.*, 2011 ; Wang *et al.*, 2014)، كما في الشكل 4(e).

في الشكل (4) منطقة الامتصاص الثالثة عند تردد 21.091GHz يتضح من توزيع التيار 4(i) أن سبب الامتصاص ناتج من اقتران المجال الكهرومغناطيسي بين الخلايا المتجاورة عموديًّا؛ حيث ينتشر التيار بكثافة عالية عند الحلقات الخارجية بين الخلايا المتجاورة، ويتضح من الشكل 4(h) أن المتحكم الرئيس هو المجال المغناطيسي Li *et al.*, 2016)، تشير نتائج التحليل عند التردد 22.058 GHz إلى أن هذا الرنين ناتج عن تعدد القطبية في الحلقة الخارجية (; Ye *et al.*, 2012 Dayal *et al.*, 2014)، كما في الشكل 4(k,l).

من أجل إعطاء دراسة أكثر شمولية تمت دراسة تأثير التغير في نصف القطر (r_1) على مستوى الامتصاص (شكل 5) أظهرت النتائج أن الزيادة في نصف القطر (r_1) تؤدي إلى زيادة في مستوى الامتصاص؛ حيث أعطت النتائج أعلى قيمة للامتصاص عند (r_1=9.75 mm). حيث نلاحظ زيادة في عرض نطاق الحزمة الترددية، وبهذا يمكننا استثمار هذا في التطبيقات التي تحتاج سعة حزمة عريضة مثل الخلايا الشمسية وتجميع الطاقة والكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية في ترددات التيراهيرتز.

	توزيع المجال الكهربائي	توزيع المجال المغناطيسي	توزيع التيار السطحي
18.164 GHz	 (a)	 (b)	 (c)
18.422 GHz	 (d)	 (e)	 (f)
21.091 GHz	 (g)	 (h)	 (i)
22.058 GHz	 (j)	 (k)	 (l)

شكل (4): توزيع المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي والتيارات السطحية عند قمة منحنى الرنين (أعلى قيمة للامتصاص)

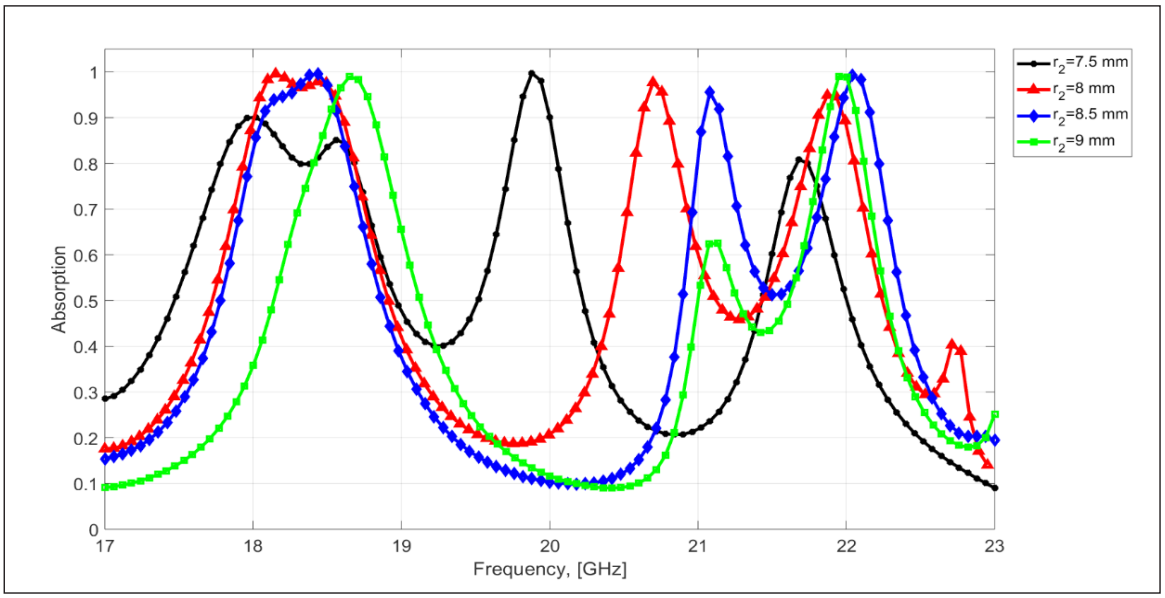


شكل(5): تأثير تغير نصف القطر(r_1) في مستوى الامتصاص

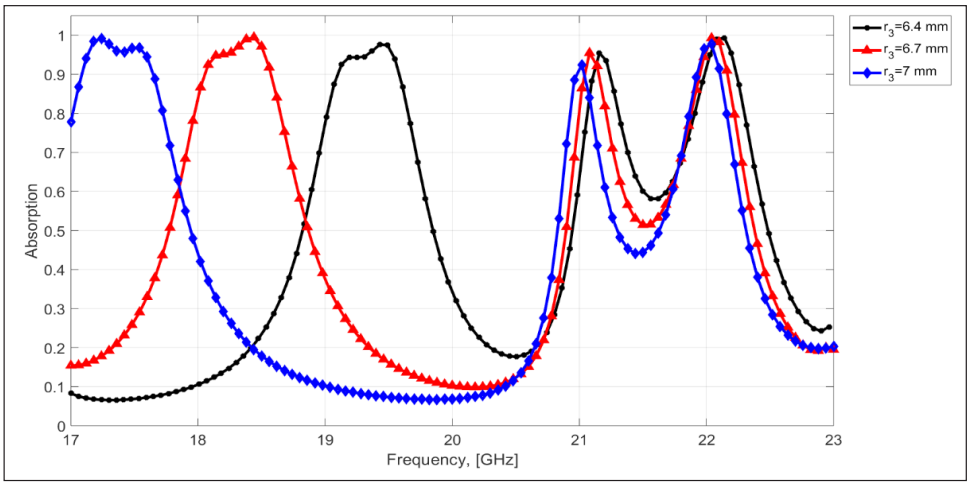
وبالطريقة نفسها تمت دراسة تأثير التغير (r_2) على مستوى الامتصاص (شكل 6) أظهرت النتائج أن الزيادة في نصف القطر (r_2) تؤدي إلى زيادة لا خطية في مستوى الامتصاص؛ حيث أعطت النتائج أعلى قيمة للامتصاص عند (r_2=8.5 mm). كما لوحظ عند (r_2=9 mm) أنه ينخفض مستوى الامتصاص بشكل كبير جدًّا.

إن التحكم في قيمة (r_3) يؤثر بشكل واضح وكبير في التردد الأول والثاني بتناسب عكسي كما هو موضح في الشكل (7).

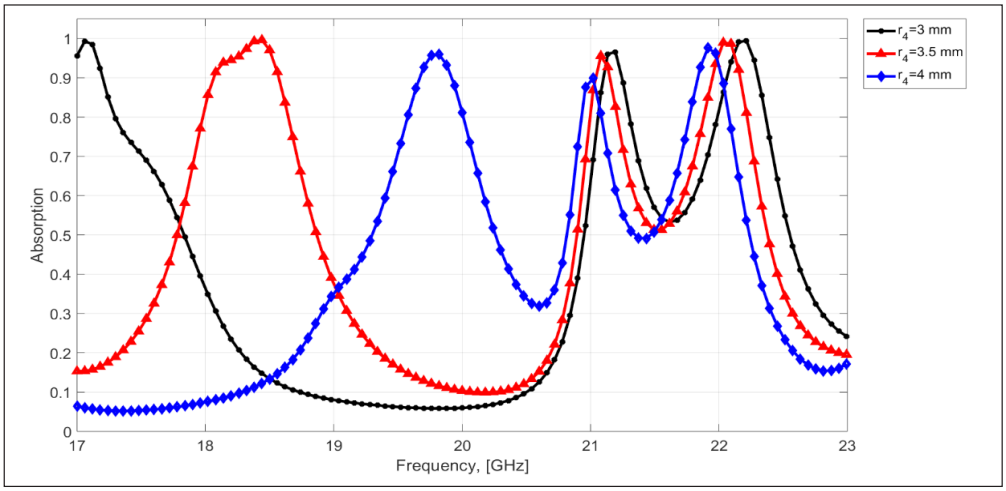
بينما تشير نتائج التحليل إلى أن أفضل قيمة لنصف القطر الداخلي للحلقة الداخلية (r_4=3.5mm) كما هو موضح في الشكل (8).



شكل(6): تأثير تغير نصف القطر(r_2) في مستوى الامتصاص

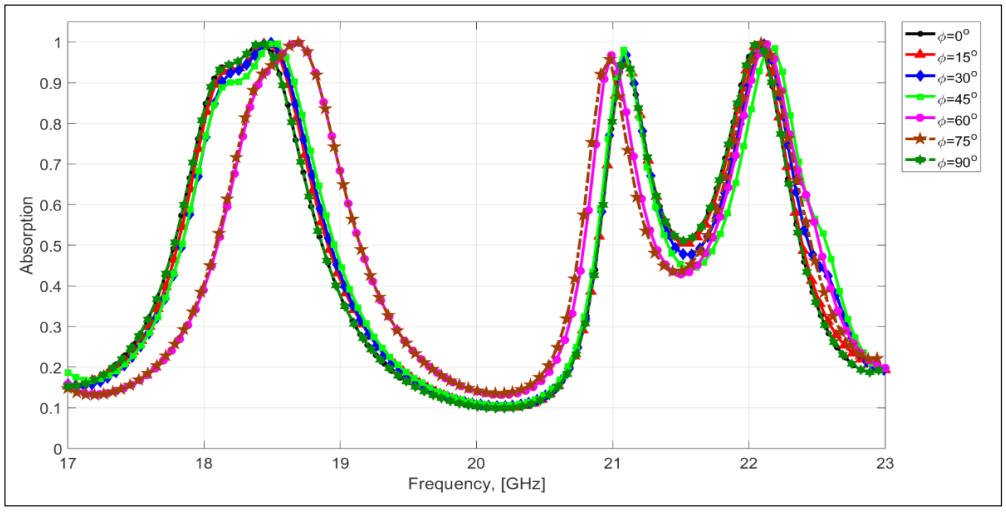


شكل(7): تأثير تغير نصف القطر(r_3) في مستوى الامتصاص



شكل(8): تأثير تغير نصف القطر(r_4) في مستوى الامتصاص

في حين تمت دراسة تأثير الزاوية (Ø زاوية استقطاب الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة) على مستوى الامتصاص (شكل 9). أعطى التصميم نتائج جيدة من حيث عدم تأثره بزاوية الاستقطاب باستثناء الزاويتين (60°،75°).

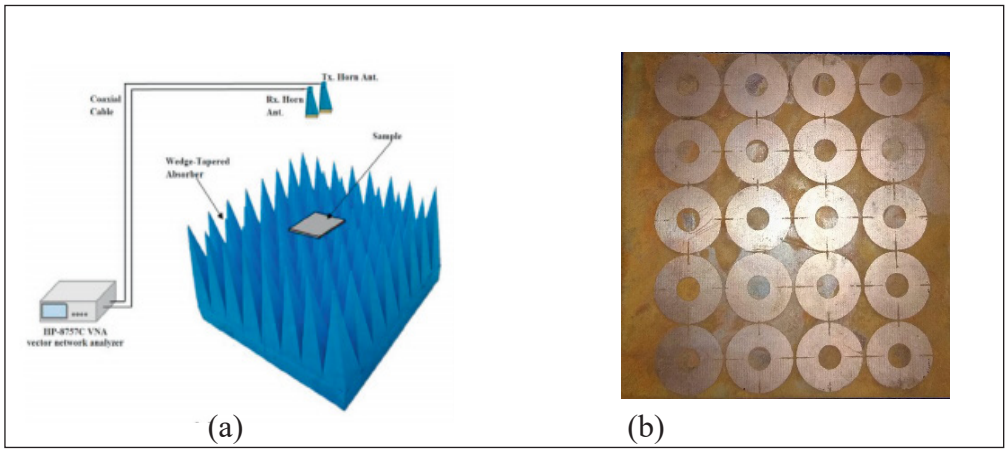


شكل(9): تأثير تغير نصف القطر(Ø) في مستوى الامتصاص

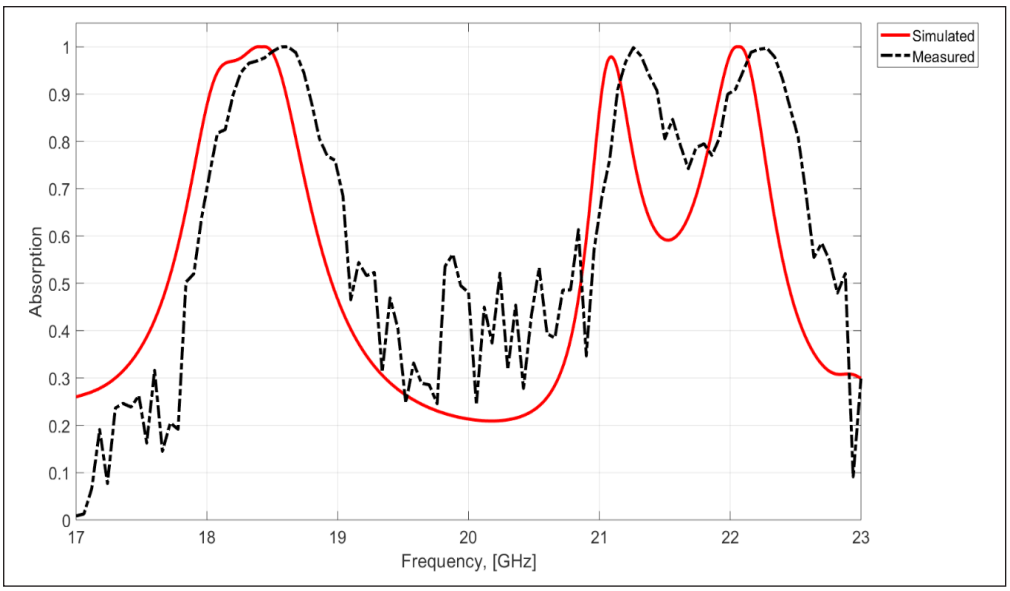
النتائج المختبرية

تم استخدام عدة مواد في الحصول على التصميم المقترح؛ حيث صنعت الخلية ذات الأبعاد (10×10) لتأكيد النتائج الاختبارية، وتم الاعتماد على أبعاد التصميم المصنوع من المواد ذات الخصائص الخارقة. والممتص المقترح يمثل ثلاث طبقات: الأرضية والعليا من النحاس، بينهما طبقة من مادة عازلة ذات سماحية كهربائية نسبية (ε_r=4.3) وسمك (h=0.8 mm).

أُجري القياس بواسطة هوائي بوقي، وبزاوية بين المرسل والمستقبل (5°). وصل الهوائي المرسل مع منفذ جهاز تحليل الشبكات (HP-8757CVNA)، بينما هوائي الاستقبال (لاستقبال الموجة المنعكسة) كان كما هو موضح في الشكل (10). لمنع تأثير الموجات القريبة بين المرسل والمستقبل ثبتت المسافة بين هوائي الاستشعار على بعد (10 cm) وزاوية (5°) بينهما. بالإضافة لذلك، المسافة بين التصميم المقترح والهوائيات (45 cm). كذلك استخدمنا عوازل هرمية الشكل بين الهوائيات والممتص المقترح لإزالة التداخل بين الموجات الكهرومغناطيسي الناتجة من البيئة المحيطة. الشكل (11) يمثل مقارنة بين منحنيي النتائج المختبرية والنتائج التحليلية. المقارنة تظهر أن النتائج المقاسة مطابقة بشكل كبير للنتائج التحليلية ما عدا بعض الإزاحة القليلة في التردد.



الشكل(10): (a) الإعدادات المختبرية (b) النموذج المصنع



الشكل(11): مقارنة بين طيف الامتصاص المقاس مختبريا وبين برنامج CST

الاستنتاجات

أظهرت النتائج التحليلية إمكانية إنتاج ممتص للموجات الكهرومغناطيسية ذي أربع مناطق امتصاص مثالية، حيث يمتاز الهيكل الذي يمثل حلقتين من النحاس ببساطة التصميم ونحافة السمك. ويمكن استخدامه في العديد من التطبيقات العلمية، مثل الأقمار الصناعية الخاصة بالطقس والخلايا الشمسية والتقليل من آثار الموجات الكهرومغناطيسية. من جانب آخر أظهرت نتائج التحكم بالأبعاد الهندسية للتصميم إمكانية الحصول على أكثر من أربع مناطق امتصاص وبمستويات امتصاص عالية. كذلك إمكانية استخدامه كممتص ذي حزمة امتصاص عريضة تخدم في العديد من التطبيقات مثل تجميع الطاقة والكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية في ترددات التيراهيرتز.

المراجع

Al-Badri, K. S. L. 2018. Very high q-factor based on G-shaped resonator type metamaterial absorber. p. 160-167. *In*: Ibn AL-Hitham College of Pure and Applied Science Proceedings 1st International Conference, Apr 24 2018. Baghdad, Iraq.

Al-Badri, K. S. L., Karacan, N., Kucukoner, E. M., and Ekmekci, E. 2018. Sliding planar conjoined cut-wire-pairs: A novel approach for splitting and controlling the absorption spectra. Journal of Applied Physics. 124(10): 103-105.

Landy, N. I., Bingham, C. M., Tyler, T., Jokerst, N., Smith, D. R., and Padilla, W. J. 2009. Design, theory, and measurement of a polarization-insensitive absorbe for terahertz imaging. Phys. Rev. B. 79(12): 125104.

Landy, N. I., Sajuyigbe, S., Mock, J. J., Smith, D. R., and Padilla, W. J. 2008. Perfect metamater absorber. Phys. Rev. Lett. 100(20): 207402.

Liu, N., Liu, H., Zhu, S., and Giessen, H. 2009. Stereometamaterials. Nat. Photon. 3:157–162.

Pendry, J. B., Holden, A. J., Robbins, D. J., and Stewart, W. J. 1999. Magnetism from conduct and enhanced nonlinear phenomena. IEEE Trans. Microw. Theory Techn. 47(11): 2075–2084.

Sabah, C., Turkmen-Kucuksari, O., and Turhan-Sayan, G. 2014. Metamaterial absorber-based sensor embedded into X-band waveguide. Electron. Lett. 50(15): 1074-1076 .

Schurig, D., Mock, J. J., Justice, B. J., Cummer, S. A., Pendry, J. B., Starr, A. F., and Smith, D. R. 2006. Metamaterial electromagnetic cloak at microwave frequencies. Science. 314(5801): 977–980.

Shchegolkov, D. Y., Azad, A. K., Ohara, J. F., and Simakov, E. I. 2010. Perfect subwavelength fishnet like metamaterial-based film terahertz absorbers. Phys. Rev. B. 82 (20): 205117.

Smith, D. R., Pendry, J. B., and Wiltshire, M. C. K. 2004. Metamaterials and negative refractive index. Science. 305 (5685): 788–792.

Tao, H., Bingham, C. M., Pilon, D., Fan, K., Strikwerda, A. C., Shrekenhamer, D., Padilla, W. J., Zhang, X., and Averitt, R. D. 2010. A dual band terahertz metamaterial absorber. J. Phys. D.43(22): 225102.

Dolling, G., Enkrich C., Wegener, M., Zhou, J., Soukoulis, C. M., and Linden, S., 2005. Cut-wire pairs and plate pairs as magnetic atoms for optical metamaterials. Opt. Lett. 30(23): 3198–3200.

Ergin, T. N. Stenger, Brenner, P., Pendry, J. B., and Wegener, M. 2000. Three-dimensional invisibility cloak at optical wavelengths. Science. 328(5976): 337–339.

Fernández Álvarez, H., de Cos Gómez, M. E., and Las-Heras, F. 2015. A thin c-band polarization and incidence angle-insensitive metamaterial perfect absorber. Materials. 8(4): 1666-1681.

Grant, J. Y. Ma, Saha, S., Khalid, A., and Cumming, D. R. S. 2011. Polarization insensitive, broadband terahertz metamaterial absorber. Opt. Lett. 36(17): 3476–3478.

Hu, F., Wang, L., Quan, B., Xu, X., Li, Z., Wu, Z., and Pan, X. 2013. Design of polarization insensitive multiband terahertz metamaterial absorber. J. Phys. D: Appl. Phys. 46(19): 103-111.

Huang, L., Chowdhury, D. R., Ramani, S., Reiten, M. T., Luo, S. N., Azad, A. K., Tylor, A. J., and Chen, H. T. 2012. Impact of resonator geometry and its coupling with ground plane on ultrathin metamaterial perfect absorbers. Appl. Phys. Lett. 101(10):101102.

Yang, J., Sauvan, C., Liu, H. T., and Lalanne, P. 2011. Theory of fishnet negative-index optical metamaterials. Phys. Rev. Lett. 107(4): 043903.

Li, W., Wei, J., Wang, W., Hu, D., Li, Y., and Guan, J. 2016. Ferrite-based metamaterial microwave absorber with absorption frequency magnetically tunable in a wide range, Materials & Design. 110: 27-34.

Ye, Q., Liu, Y., Lin, H., Li, M., & Yang, H. 2012. Multi-band metamaterial absorber made of multi-gap SRRs structure, Applied Physics A. 107(1):155-160.

Dayal, G., and Ramakrishna, S. A. 2014. Multipolar localized resonances for multi-band metamaterial perfect absorbers, Journal of Optics. 16(9): 094016.

Wang, B. X., Wang, L. L., Wang, G. Z., and Huang, W. Q. 2013. A simple nested metamaterial structure with enhanced bandwidth performance. Opt. Commun. 303: 13–14.

Wang, B. X., Wang, L. L., Wang, G. Z., Huang, W. Q., Li, X. F., and Zhai, X. 2014. A simple design of a broadband, polarization-insensitive, and low-conductivity alloy metamaterial absorber. Appl. Phys. Exp. 7(8): 082601.

Wang, B. X., Wang, L. L., Wang, G. Z., Huang, W. Q., Li, X. F. and Zhai, X. 2014. Theoretical investigation of broadband and wide-angle terahertz metamaterial absorber, IEEE Photon. Technol. Lett. 26(2): 111–114.

Four Band Electromagnetic Waves Absorber Using Negative Refractive Index Materials (Metamaterials)

Khalid Saeed Lateef Al-Badri[1,2] and Fahad Qasim Muhammad[1]

(1) Department of Physics, University of Samarra, Iraq, Samarra
(2) Computer Center, University of Samarra, Iraq, Samarra

Received 18 February 2019 - Accepted 13 November 2019

https://doi.org/10.37575/b/sci/2055

ABSTRACT

This work presents a simple design of a four-band microwave metamaterial perfect absorber. The unit-cell of the metamaterial perfect absorber consists of two metallic rings structure and an FR4 Epoxy dielectric spacing layer stands on a ground plane. This structure is very simple and very compact. The numerical simulation results (by using CST microwave studio) show that the structure has four distinct absorption peaks (i.e. 99%). The surface current distributions of the top layer and back layer of the unit-cell structure proved that the resonance type is electric dipole. The absorption peak frequencies and absorption level can be tuned easily by changing the structure parameters. Changing parameters also lead to broad band absorption. As well as, the possibility of producing an absorber with a wide absorption bundle, which can be used in many applications such as the energy collection and the production against the effect of the electromagnetic waves. In addition, experimental result closely follows the numerical simulated one. The proposed design can have potential applications in sensing or other optoelectronic related areas in terahertz and optic region.

Key Words: Absorption, Electromagnetic waves, Four-beam, Ideal absorbent, Metamaterials, Negative refractive index.

السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح بتأثير إجهاد نقص الماء

سمير أبو إصبع[1] و محمد سليمان[1] و لبنى مقراني[1] و ميسون صالح[2]

(1) قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.
(2) قسم الأصول الوراثية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

استلام 19 سبتمبر 2018م - قبول 30 ديسمبر 2018م

https://doi.org/10.37575/b/agr/2007

الملخّص

تمّت -في هذا البحث- دراسة السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح القاسي السورية في المراحل المبكرة من نموها تحت تأثير إجهاد نقص الماء وفقًا لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة خلال الفترة 2016-2017؛ إذ تعد إمكانية تحمّل البادرة للجفاف مؤشرًا أوليًّا لقدرة النبات على تحمّل الجفاف خلال المراحل المتقدمة من حياته. سُجل في أغلب الأصناف تحت إجهاد نقص الماء تراجع معنوي في ارتفاع النبات ومساحة الورقة الثانية وقرينة محتوى الماء النسبي وقرينة الغشاء الخلوي، إلا أنه لوحظ استقرار في أصبغة التركيب الضوئي. امتلك الصنف شام 1 أعلى القيم من حيث محتوى الماء النسبي وثباتية الغشاء الخلوي وكمية اليخضور-أ (91.42 %، 83.15 %، 0.72 مغ غ-1 وزن رطب) على التوالي، بينما كانت القيم الدنيا من نصيب الصنف شام 5. كما تبّين أن الصنف شام 1 أكثر الأصناف المحلية تأقلمًا لظروف نقص الماء؛ فهو مادة وراثية جيدة لنقل بعض الصفات المورفوفسيولوجية المرتبطة بتحسين التحمل للجفاف.

الكلمات المفتاحية: أصبغة التركيب الضوئي، ثباتية الغشاء الخلوي الجفاف، القمح القاسي، محتوى الماء النسبي.

المقدمة

يعد القمح من المحاصيل المهمة عالميًّا؛ إذ تشغل المساحة المزروعة بالقمح 15 % من المساحة القابلة للزراعة في العالم (Datta *et al*., 2011)، والقمح القاسي *Triticum durum* من أهم المحاصيل الإستراتيجية في حوض البحر المتوسط (Moragues *et al*., 2006). يُشكل إنتاج سورية من القمح القاسي نحو 10 – 11 % من الإنتاج العالمي (FAO, 2007).

يزرع القمح القاسي بشكل رئيس تحت ظروف الزراعة المطرية، و35 % من أراضي البلدان النامية تتألف من بيئات شبه جافة (Farshadfar *et al*., 2013)، ونتيجةً للتذبذب الحاد في معدلات الهطول المطري وارتفاع درجة حرارة سطح الأرض يتعرض محصول القمح لفترات متفاوتة من الجفاف خلال مراحل النمو المختلفة (Aesawy, 2000)؛ مما يؤثر في إنتاجيته (Tas and Tas, 2007; Araus, 2004).

يتوقف مقدار الأذى الناجم عن الإجهاد المائي على شدة هذا الإجهاد، ومدته، والمرحلة التطورية التي يتعرّض خلالها النبات للإجهاد المائي (Germ *et al*., 2005). هناك مراحل معينة من حياة النبات، مثل الإنبات ومرحلة البادرة والإزهار، أكثر حساسية من غيرها لنقص الماء (Almeselmani *et al*., 2011; Cossgrove, 1989).

يعتمد تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية على كيفية حدوث الإجهاد (صدمة مباشرة أو تدريجي (مستمر))، وعلى طبيعة التحريض ونوعيته، ومرحلة حياة النبات (Ayalew, 2016)، ووجود إجهادات بيئية مختلفة مثل (نقص الماء، الملوحة، الحرارة المنخفضة، هرمون القطع Abscisic acid (ABA)) مما يحفز تعبير بعض المورثات التي تنتج البروتينات الدفاعية كمجموعة المورثات dehydrin (DHN) المتممة لعائلة المورثات late embryogenesis abundant (LAE) (Cheng *et al*., 2002)؛ ولهذا يسعى مربو النبات إلى انتخاب طرز وراثية ذات إنتاجية جيدة تتسم ببعض الصفات الشكلية والفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف (Annicchiarico and Pecetti, 1993).

يُقاس إجهاد نقص الماء بمدى تراجع المحتوى المائي وتضخم (turgor) الخلايا وإغلاق المسام والتناقص في استطالة الخلايا ونموها؛ فالإجهاد المائي الشديد قد يؤدي إلى توقف التركيب الضوئي واضطراب في الاستقلاب الذي يؤدي إلى موت النبات (Almeselmani *et al*., 2011). تكون قيمة محتوى الماء النسبي مرتفعة في المراحل الابتدائية من نمو الورقة وتنخفض في الأوراق الناضجة، وتتعلق قيمتها بكميات الماء الممتصة من الجذر والمفقودة بالنتح (Anjum, 2011). يؤدي نقص الماء في النسج النباتية إلى تثبيط التركيب

الضوئي؛ لذلك فإن مقدرة النبات على المحافظة على جهاز التركيب الضوئي تحت إجهاد الجفاف تعد مؤشرًا على تحمله للجفاف Mohammadi *et al*., 2009)؛ فالأصبغة اليخضورية والكاروتينات هي من أصبغة التركيب الضوئي الرئيسة، ولذلك فهي من المؤشرات الجيدة عن مقدرة جهاز التركيب الضوئي على أداء عمله (Guo et al., 2013)؛ فالكمية العالية من الكاروتينات في القمح القاسي تساعده ليكون أكثر تحملاً للجفاف (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011).

يُستخدم قياس ثباتية الغشاء الخلوي cell membrane stability ومحتوى الماء النسبي relative water content في برامج تربية القمح كمعيار لتحديد مدى تأقلم القمح مع الجفاف (Ayalew, 2016; Almeselmani *et al*., 2011)، وكلما كان الغشاء السيتوبلاسمي وكمية اليخضور Chlorophyll ثابتين كان النبات أكثر مقاومة للجفاف (Sharifi *et al*., 2012).

تكمن أهمية هذه الدراسة -المشتقة من رسالة الدكتوراه للباحث الأول- في أن الأبحاث التي درست المراحل الأولى من عمر النبات لا تزال محدودة مقارنة بالمراحل العمرية الأخرى؛ فتحمّل النبات للجفاف في مراحل نموه المبكرة يعطي مؤشرًا على قدرته على تحمّل الجفاف خلال مراحل النمو اللاحقة (Ayalew, 2016) مما يمكننا من فهم الآليات التي يسلكها النبات لإدارة عملياته الحيوية في بداية نموه تحت تأثير إجهاد الجفاف، وقد يسمح ذلك لاحقًا باستكشاف المورثات المتعلقة بتحمل الإجهاد المائي.

يهدف هذا البحث إلى دراسة السلوكية المورفوفسيولوجية لبعض أصناف القمح القاسي السورية في مراحل النمو المبكرة تحت تأثير نقص الماء ودراسة علاقات الارتباط بين المتغيرات المدروسة.

المواد وطرق العمل

المادة النباتية وشروط النمو

تم إجراء هذه الدراسة في قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم جامعة دمشق في الفترة (2016-2017) على ستة أصناف من الأقماح السورية القاسية: شام1 وشام3 وشام5 وحوراني ولحن وجدارة، تم الحصول عليها من قسم التقانات الحيوية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية السورية، والتي نُميت في غرفة زراعة ذات شروط نمو (25ºم نهارًا و18ºم ليلاً، إنارة 300 ميكرومول فوتون/م^2/ثانية لمدة 14ساعة، 55 % رطوبة).

بدايةً تم إنبات الحبوب على أوراق ترشيح في أطباق بتري ضمن الحاضنة (23ºم)، ثم نُقلت البادرات ذات الأطوال المتساوية إلى أصص سعة (2 ليتر) تحتوي على تربة حمراء وبيرليت وتورب (1:1:1). وضعت خمسة بادرات في كل أصيص وبمعدل ثلاثة مكررات (أصص) لكل معاملة ري (الشاهدة والجفافية) وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة.

اختُبرت في بداية التجربة الأصص لتحديد السعة الحقلية field capacity (FC)، رُويت الأصص بكميات متساوية من الماء ووزنت، وتم تحديد الفترة الزمنية التي يتوقف عندها جريان الماء من أسفل كل أصيص (ثلاثة أيام). اعتبرت اللحظة التي تصل فيها الأصص إلى وزن ثابت بأنّها نقطة ذبول دائمة (15% من FC). اعتُمد في دراستنا المستوى 25 إلى 30 % من السعة الحقلية كإجهاد مائي (كان تماسك التربة ضعيفًا، فعند مسكها باليد وعصرها يلاحظ أنّها هشة التماسك)، و65 إلى70 % من السعة الحقلية ري طبيعي جيد (كشاهد) (Pour-Aboughadreh *et al*., 2017). قبل تطبيق إجهاد نقص الماء رُويت جميع الأصص بكميات متساوية لمدة 10 أيام لتحقق نمو جيد، ثم طبق إجهاد نقص الماء لمدة 12 يومًا. رويت النباتات بحجوم مناسبة من الماء (رُويت نباتات معاملة الإجهاد المائي بكمية تساوي تقريبا نصف الكمية اللازمة لري النباتات الشاهدة)، وذلك بالاعتماد على حيوية النبات ومظهر التربة. كانت توزن الأصص كل ثلاثة أيام لتحديد حجم الماء اللازم للري، وبذلك تكون البادرات قد وصلت إلى مرحلة ثلاث أوراق حقيقية (المرحلة GS13 وفق سلم زادوكس لمراحل نمو القمح) (Zadoks *et al*., 1974)، وبعدها أجريت جميع القياسات للصفات المورفوفسيولوجية (للورقة الثانية): ارتفاع النبات، مساحة الورقة، محتوى الورقة من الماء النسبي، قرينة ثباتية الغشاء الخلوي ومحتوى الخلايا من أصبغة الكاروتينوئيدات carotenoids، والأصبغة اليخضورية والثباتية اليخضورية chlorophyll stability. أخذت العينات للدراسة من الساعة السابعة حتى الساعة العاشرة صباحًا.

الصفات الفسيولوجية والمورفولوجية

ارتفاع النبات: هو المسافة من سطح التربة إلى نهاية الورقة الثالثة (بالسنتيمتر).

مساحة الورقة الثانية: حسبت المساحة الورقية يدويًّا باستعمال المسطرة، وذلك بقياس طول الورقة وعرضها الأعظمي، وضرب حاصل الجداء بمعامل التصحيح (0.79) حسب (Volding and Simpson, 1967).

مساحة الورقة الفعلية = طول الورقة × عرض الورقة × معامل التصحيح (0.79) (سم^2).

تقدير محتوى الماء النسبي: حُسب محتوى الماء النسبي باتباع طريقة الباحثان (Barras and Weatherley, 1962)، ثم طُبقت المعادلة التالية:

$$\text{محتوى الماء النسبي}(\%) = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{وزن الإشباع} - \text{الوزن الجاف}} \times 100$$

تقدير معامل ثباتية الغشاء الخلوي

قدّر معامل ثباتية الغشاء بالاعتماد على مدى تسرب المتحللات الكهربائية electrolyte leakage باستخدام مقياس الناقلية، ووفقًا للطريقة المقترحة من قبل (Deshmukh *et al.*, 1991) حُسب معامل ثباتية الغشاء بتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{معامل ثباتية الغشاء} = \left[1 - \left(\frac{\text{ت1}}{\text{ت2}}\right)\right] \times 100$$

حيث (ت1) هي القراءة الأولى و (ت2) القراءة الثانية.

تقدير محتوى أصبغة التركيب الضوئي

اعتمدت الطريقة المقترحة من قبل (Hiscox and Israelstam, 1979) لاستخلاص المحتوى اليخضوري والكاروتينوئيدات من الورقة الرطبة الثانية باستخدام المذيب العضوي dimethyl sulphoxide (DMSO)، ثم أخذت قراءة الامتصاص للمحلول الصافي الناتج لأطوال الموجات 665 و 649 و 480 نانومتر؛ وذلك لتقدير كمية اليخضور-أ واليخضور-ب وأصبغة الكاروتينوئيدات (الكاروتينات والكزانتوفيل) على التوالي، وحُسبت الكميات وفقا للمعادلات التالية (Wellburn, 1994):

Chl a (µg/ml)= 12.19 (A_{665}) – 3.45 (A_{649})

Chl b (µg/ml)= 21.99 (A_{649}) – 5.32 (A_{665})

Carotenoids (µg/ml)= [1000(A_{480}) – 2.14 (Chl a)-70.16 (Chl b)]/200

كما حُسبت قرينة ثباتية اليخضور (chlorophyll stability index CSI) بالاعتماد على (Sairam *et al.*, 1998):

CSI = (إجمالي كمية اليخضور تحت الإجهاد/ إجمالي اليخضور في الشاهد) × 100

التحليل الإحصائي

أجريت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، مُثلت البيانات بالمتوسط الحسابي، الذي حُسب لثلاثة مكررات، ودرس تباين (ANOVA) الأصناف المختلفة لمقارنة تأثير إجهاد الجفاف عند مستوى معنوية ($P\leq0.01$) باستخدام طريقة Duncan وحسبت قيمة معامل التباين (CV%) باستخدام برنامج Genstat.12.

وبهدف دراسة علاقة الارتباط بين جميع المتغيرات من جهة ومدى التشابه والاختلاف بين الأصناف من جهة ثانية، ولإبراز مميزات كل صنف، قمنا بإجراء تحاليل متعددة الأبعاد، وذلك وفق طريقة تحليل المكونات الرئيسة (Principal Component Analysis (PCA، وذلك باستعمال برنامج الإحصاء STATISTICA 10 (Statsoft, 2013)، حيث سُجلت النتائج على شكل مصفوفة تمثل أسطرها الأصناف وأعمدتها المتغيرات الكمية المدروسة.

النتائج والمناقشة

أوضح تحليل التباين وجود فروق معنوية بين الأصناف (جدول 1) وبين مستويات الري عند درجة معنوية ($P\leq0.001$) باستثناء اليخضور-ب والكاروتينوئيدات فلم تكن معنوية، وكان التفاعل بين الأصناف وكميات الماء المتوفرة معنويًّا أيضًا عند جميع المتغيرات ($P\leq0.001$)، وكانت قرينة ثباتية الغشاء الخلوي معنوية عند الاحتمالية ($P\leq0.01$)، ولم تكن معنوية في مساحة الورقة واليخضور-ب والكاروتينوئيدات.

تأثير نقص الماء على ارتفاع النبات

يُلاحظ وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة ارتفاع النبات بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط ارتفاع النبات الأعلى

معنويًّا لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (16.37 سم) مقارنة بالنباتات التي عُرضت للإجهاد المائي (12.47 سم)، وسببَ الإجهاد المائي انخفاضًا في متوسط ارتفاع النبات بمقدار (22.6 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة ارتفاع النبات بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط ارتفاع النبات الأعلى لدى الصنف لحن (21.35 سم)، في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (7.40 سم). وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لارتفاع النبات (18.27 سم) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 1)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لارتفاع النبات (6.90 سم) ضمن الظروف نفسها، كما تراجع ارتفاع النبات تحت تأثير نقص الماء في أغلب الأصناف؛ فأكبر تراجع كان في شام1 بمقدار (49.65 %)، شام3 (33.75 %)، جدارة (25.82%)، لحن (25.21 %) وأقلها كان في شام5 (12.66 %)، إلا أنه لوحظ تزايد في ارتفاع الصنف حوراني بمقدار (59.8 %) الذي سُجلت فيه زيادة في كميات أصبغة التركيب الضوئي، (الشكل 2)، وهذا يتوافق مع (Cheng *et al*., 2015) الذي أشار إلى أن تعريض بعض أصناف القمح الطري في مرحلة الثلاث ورقات للإجهاد المائي المتشكل بمادة polyethylene glycol (20 PEG %) لمدة 24 ساعة يؤدي إلى تراجع ارتفاعه ومساحة ورقته الثالثة.

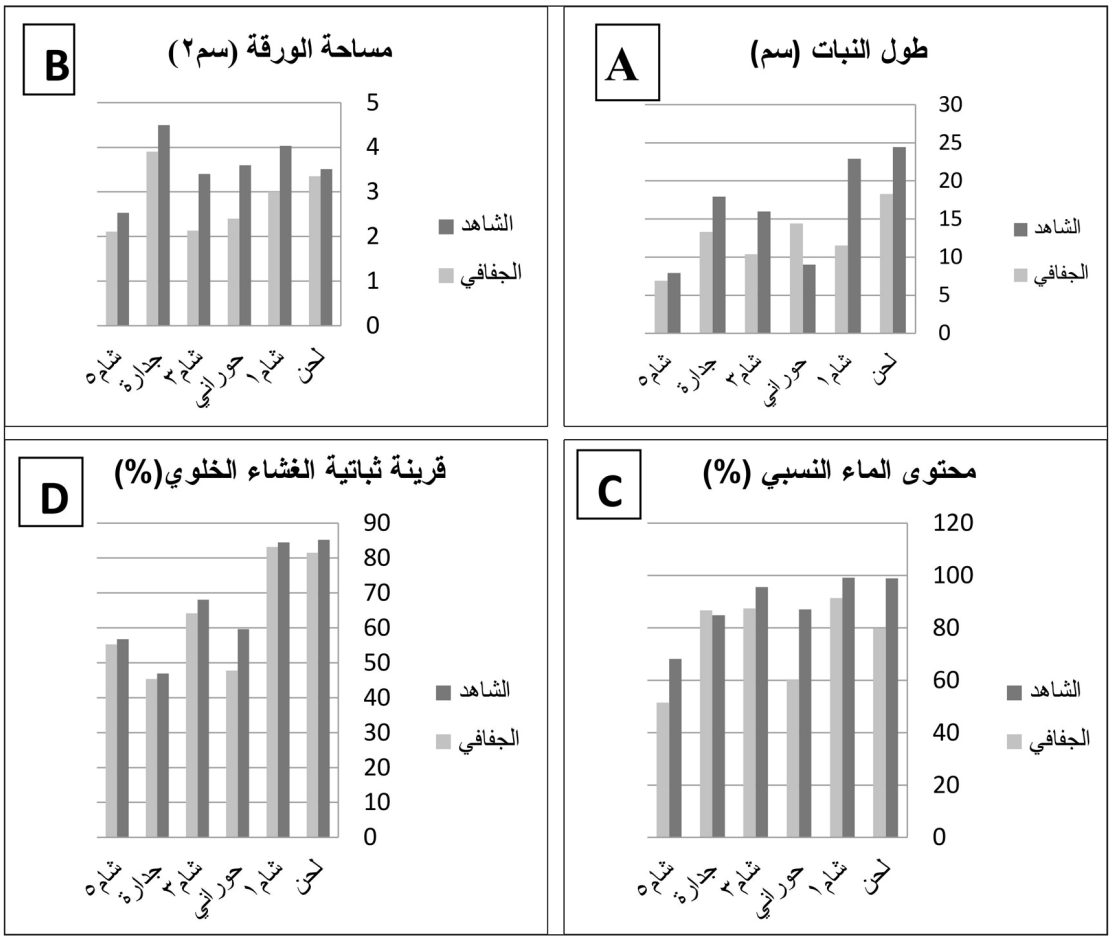
الجدول (1): مقارنة المتوسطات العامة لكل من مساحة الورقة الثانية LA (سم^2) وارتفاع النبات PH (سم) ومحتوى الماء النسبي RWC (%) وقرينة ثباتية الغشاء الخلوي CMSI (%) وكمية اليخضور–أ Cha (ميلي غرام غ$^{-1}$ مادة خضراء) وكمية اليخضور–ب Chb (ميلي غرام غ$^{-1}$ مادة خضراء) وكمية الكاروتينوئيدات Carot (ميلي غرام غ$^{-1}$ مادة خضراء) والمتوسط الإجمالي لكل متغير ومعامل التباين CV (%) والخطأ المعياري SE وأقل فرق معنوي LSD.0.01 ومصدر التباين تحت تأثير ظروف الري الطبيعية والجفافية

	LA (cm^2)	PH (cm)	CMSI (%)	RWC (%)	Cha (mg/g)	Chb (mg/g)	Carot (mg/g)
لحن	3.432^{b}	21.35^{a}	83.37^{a}	89.34^{c}	0.684^{a}	0.190^{a}	0.227
شام1	3.517^{b}	17.22^{b}	83.84^{a}	95.26^{a}	0.655^{a}	0.163^{ab}	0.200
حوراني	3.00b^{c}	11.73^{e}	53.72^{c}	73.69^{e}	0.644^{a}	0.148^{ab}	0.191
شام3	2.767^{cd}	13.19^{d}	66.08^{b}	91.52^{b}	0.630^{a}	0.153^{ab}	0.191
جدارة	4.198^{a}	15.62^{c}	46.14^{d}	85.74^{d}	0.689^{a}	0.171^{ab}	0.207
شام 5	2.318^{d}	7.4^{f}	56.04^{c}	59.80^{f}	0.487^{b}	0.131^{b}	0.190
المتوسط	3.206	14.42	64.86	82.56	0.631	0.1593	0.201
معامل التباين %	11.3	5.6	3.6	1.6	8.5	19.4	13.4
مصدر التباين							
الأصناف	***	***	***	***	***	**	Ns
المعاملات	***	***	***	***	***	Ns	Ns
التفاعل	Ns	***	**	***	Ns	Ns	Ns

تدل *، **، *** على المعنوية عند $P\leq0.05$، 0.01، 0.001 على التوالي و Ns: غير معنوي.

تُعزى زيادة ارتفاع النبات في الشاهد المروي إلى زيادة كمية الماء المتاح للنباتات،والمحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الساق والمحافظة على استطالة الخلايا النباتية، مؤديا ذلك إلى زيادة طول السلاميات ومن ثم الطول النهائي للنبات، كما يمكن أن يُعزى تفوق صفة طول النبات في المعامل إلى تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب مكّنها من الحصول على أكبر كمية

من ماء التربة، ومن ثم القدرة على تعويض الماء المفقود بعملية النتح والمحافظة على حالة الامتلاء داخل خلايا الساق مما يضمن استمرار استطالتها فيزداد طول السلاميات ومن ثم طول الساق النهائي (Almeselmani *et al*., 2011; Cossgrove,1989).



الشكل (1): المقارنة بين الشاهد والجفافي من حيث:
(A) طول النبات، (B) مساحة الورقة، (C) كمية الماء النسبي، (D) قرينة ثباتية الغشاء الخلوي

تأثير نقص الماء على مساحة الورقة الثانية

لُوحظ وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة مساحة الورقة بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط مساحة الورقة الأعلى معنويا لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (3.51 سم^2) مقارنة بالنباتات التي عُرِّضت للإجهاد المائي (3.41 سم^2)، وسببَ الإجهاد المائي تراجعا في متوسط صفة مساحة الورقة بمقدار (2.9 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة مساحة الورقة بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط مساحة الورقة الأعلى لدى الصنف جدارة (4.198 سم^2)، في حين كان متوسط مساحة الورقة الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (2.318 سم^2). بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ($p\leq0.001$) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف جدارة أعلى متوسط لمساحة الورقة (3.90 سم^2) ضمن ظروف الإجهاد المائي، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لمساحة الورقة (2.11 سم^2) ضمن الظروف نفسها، وتراجعت مساحة الورقة الثانية في جميع الأصناف وكان أعظم تراجع في الصنف شام3 (52.92 %) ثم حوراني (33.34 %) وأقلها كان في لحن (4.56 %)، (الشكل 1). تتوافق هذه النتائج مع أغلب الدراسات؛ إذ إن النبات -كردة فعل تجاه الجفاف- يحاول تقصير طوله وتقليل مساحة

أوراقه للتخفيف من إجهاد النبات للبقاء على قيد الحياة، وبالتالي يؤثر ذلك على استطالة ونمو الجذر، وهذا يقلل من امتصاص الماء والغذاء، والذي يؤثر سلبا على نمو النبات وعملياته الحيوية، ويُعزى التباين الوراثي بين الأصناف في مساحة الورقة إلى الاختلاف في تشكيل مجموع جذري عميق ومتشعب قادر على امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة (Meriem and youcef, 2014; Guo *et al*., 2013; Cossgrove,1989).

تأثير نقص الماء على محتوى الماء النسبي الورقي

يُلاحظ وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة محتوى الماء النسبي بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط محتوى الماء النسبي الأعلى معنويا لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (88.93 %) مقارنة بالنباتات التي عُرضت للإجهاد المائي (76.19%). وسببَ الإجهاد المائي انخفاضا في متوسط محتوى الماء النسبي بمقدار (14.33%) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة محتوى الماء النسبي بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط محتوى الماء النسبي الأعلى لدى الصنف شام1 (95.26 %)، في حين كان متوسط محتوى الماء النسبي الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (59.8 %). وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ($p\leq0.001$) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف شام1 أعلى متوسط لمحتوى الماء النسبي (91.41 %) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 1)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لمحتوى الماء النسبي (51.46 %) ضمن الظروف نفسها؛ فقد تراجع محتوى الماء النسبي في جميع الأصناف (شكل 1)؛ فأكبر تراجع كان في الحوراني بقيمة (30.61 %) ثم شام5 (24.5 %) تلاه لحن (19.4 %) وأقلها كان في شام3 (8.6 %)، وشام1 (7.8 %)، وعلى العكس لوحظت زيادة طفيفة في كمية محتوى الماء النسبي في الصنف جدارة (2.24 %) تحت تأثير الإجهاد المائي، وقد يُعزى هذا إلى ثباتية غشائه الخلوي، الذي كانت نسبة تراجعه في المعامل عن الشاهد بمقدار 8 %، وهذا يتوافق مع نتائج (Cheng *et al*., 2015) الذي سجل تراجعا في محتوى الماء النسبي في صنفين من القمح تحت تأثير عدة تراكيز من PEG، وإن قيمة محتوى الماء النسبي تكون مرتفعة في المراحل الابتدائية من نمو الورقة وتنخفض في الأوراق الناضجة، وتتعلق قيمتها بكميات الماء الممتصة من الجذر والمفقودة بالنتح (Anjum, 2011)، وبالتالي تؤثر على العمليات الحيوية في النبات (Siddique *et al*., 2000)، ويعود الاختلاف في النتائج إلى قدرة الصنف على امتصاص ماء أكثر من التربة ولقدرته (أو عدمها) على ضبط فقد الماء من المسام، بالإضافة إلى الاختلافات في قدرة الأصناف المدروسة على ضبط الضغط الأوسموزي للمحافظة على تضخم الخلايا واستمرارية النشاط الفسيولوجي، وقد اعتمدت قرينة محتوى الماء النسبي للورقة كمعيار مهم لمعرفة حالة الماء أكثر من معايير فرق الكمون (الضغط الأوسموزي) المائي تحت إجهاد الجفاف (Anjum, 2011).

تأثير نقص الماء على ثباتية الغشاء الخلوي

يُلاحظ وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط ثباتية الغشاء الخلوي الأعلى معنويًّا لدى نباتات القمح في معاملة الشاهد المروي (66.86 %) مقارنة بالنباتات التي عُرِّضت للإجهاد المائي (62.87 %). وسببَ الإجهاد المائي انخفاضًا في متوسط ثباتية الغشاء الخلوي بمقدار (5.97 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط صفة ثباتية الغشاء الخلوي الأعلى لدى الصنف شام1 (83.84 %)، في حين كان متوسط ثباتية الغشاء الخلوي الأدنى لدى نباتات الصنف جدارة (46.14 %). وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ($p\leq0.001$) في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف شام1 أعلى متوسط لثباتية الغشاء

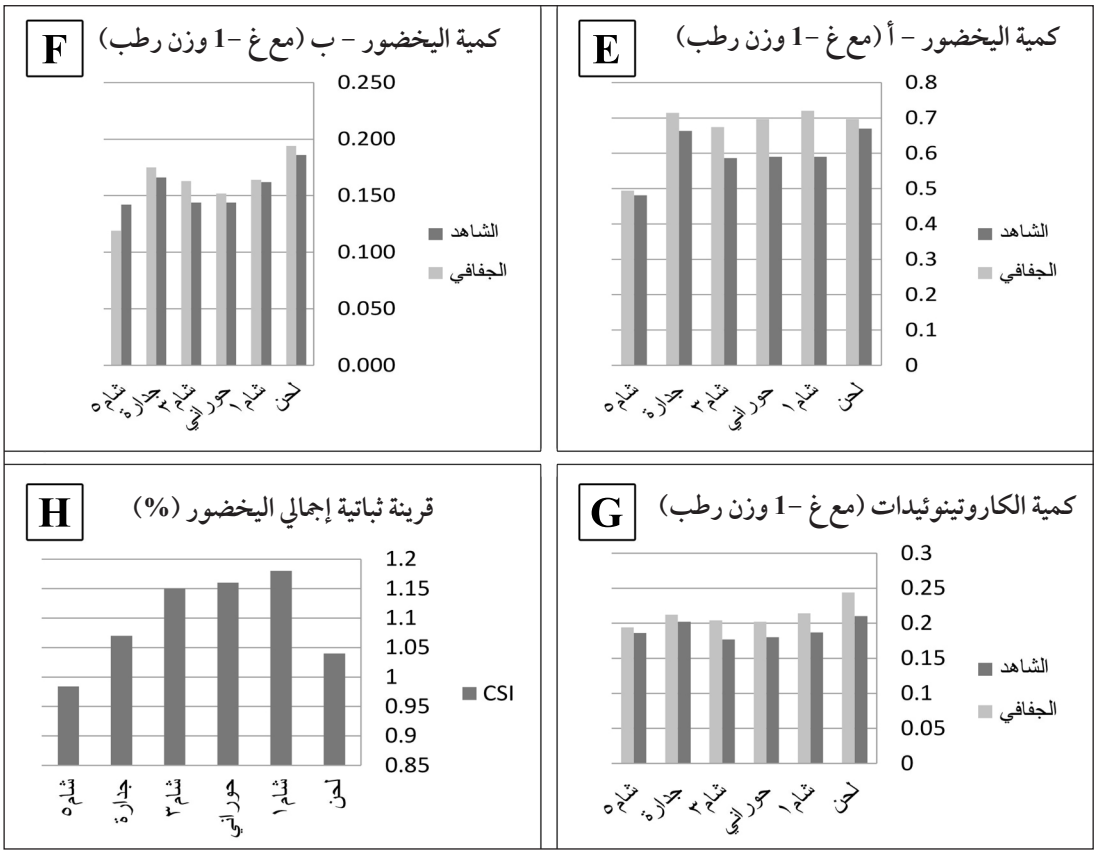
الخلوي (83.15 %) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 1)، في حين سجل الصنف جدارة أدنى متوسط لثباتية الغشاء الخلوي (45.36 %) ضمن الظروف نفسها، ولوحظ تراجع بسيط في قيمة قرينة ثباتية الغشاء للورقة الثانية في المعامل (المعرض لإجهاد الجفاف) عن الشاهد (شكل 1)؛ فقد كان أكبر تراجع للمعالج عن الشاهد في الحوراني بقيمة (19.9 %)، لحن (8.7 %)، جدارة (8 %)، شام3 (5.8 %)، شام5 (2.7 %) وأقلها كان في شام1 (1.6%).

تتوافق هذه النتائج مع أغلب الأبحاث التي طبقت إجهاد نقص الماء على النباتات؛ ويعود ذلك على الأرجح للتباين الوراثي بين الأصناف، وقد تُعزى القيمة العظمى لثباتية الغشاء الخلوي أو التراجع البسيط لهذه القيمة في المعامل عن الشاهد إلى قدرة الخلايا على ضبط الأوسموزية بإنتاج الذائبات العضوية (السكريات والأحماض الأمينية الحرة)، ولوجود علاقة بين سعة ضبط الأوسموزية ودرجة حماية الغشاء من تأثير الجفاف (Tas and Tas, 2007). يعكس الانخفاض في ثباتية الغشاء مدى تأكسد لبيدات الغشاء بأنواع الأوكسجين المنشّطة reactive oxygen species (ROS) (Gholamin and Khayatnezhad, 2010)؛ فإجهاد الجفاف يحفز تشكيل أنواع الأوكسجين المنشّطة، التي بدورها تُهاجم لبيدات الغشاء وتُؤكسدها وتُضعف من بنية الغشاء وتفقده خاصيته الاصطفائية، وتتسرب منه الذائبات العضوية والمعدنية المهمة لحياة الخلية (Farooq *et al*., 2009; Miltter, 2002)، ونسبة الضرر في الغشاء الخلوي لأوراق القمح تنخفض مع زيادة عمر النبات؛ أي إن الأوراق الأحدث في الظهور تكون أقل تضررًا من الأوراق الأقدم، وبالتالي فإن الأوراق الأحدث ظهورًا أكثر تحملا للجفاف (Bandurska, 1991).

إن نقص المحتوى المائي للأنسجة النباتية الناتج عن الإجهاد المائي يؤدي إلى إضعاف بنية ووظيفة الغشاء الخلوي (Buchanan *et al*., 2000; Cave, 1981)، ويُعد الغشاء من أول الأعضاء الخلوية تضررًا تحت تأثير الإجهاد على النبات (Levitt, 1972)، وكلما كان النبات قادرًا على المحافظة على سلامة غشائه الخلوي تحت تأثير الجفاف كان النبات أكثر تحملاً للجفاف (Da Silva *et al*., 1974).

تأثير نقص الماء على محتوى أصبغة التركيب الضوئي أ-الخضور

لاحظنا وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة كمية الخضور-أ بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط كمية الخضور-أ الأعلى معنويًا لدى نباتات القمح التي عُرِّضت للإجهاد المائي (0.67 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.58 مغ/غ وزن رطب)، وسببَ الإجهاد المائي تزايدًا في متوسط كمية الخضور-أ بمقدار (15.51 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.001$) في متوسط صفة كمية الخضور-أ بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية الخضور-أ الأعلى لدى الصنف جدارة (.6890 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط كمية الخضور-أ الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (0.487 مغ/غ وزن رطب). وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف شام1 أعلى متوسط لكمية الخضور-أ (0.72 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لكمية الخضور-أ (0.49 مغ/غ وزن رطب) ضمن الظروف نفسها، وقد تزايدت كمية الخضور -أ في الأصناف المعاملة تحت تأثير الجفاف؛ فكان أكبرها في شام1 (بمقدار 21 %) ثم حوراني (16.6 %)، ثم شام3 (15.25 %) ثم جدارة (7.6 %) وأقلها في لحن (4.5 %) وشام5 (2%)، ومن الملاحظ أن زيادة كمية الخضور ترافقت مع زيادة كمية الكاروتينوئيدات في أغلب الأصناف، والتي تساهم في حماية الخضور من الأكسدة الضوئية المتمثلة بكنس جذور ROS المتشكلة من الطاقة الضوئية الزائدة، وبالتالي تقلل من تضرر أغشية الصانعات الخضراء (Farooq *et al*., 2009)



الشكل (2) : المقارنة بين الشاهد والجفافي من حيث:
(E) كمية اليخضور-أ، (F) كمية اليخضور-ب، (G) كمية الكاروتين (H) قرينة ثباتية إجمالي الكلوروفيل CSI %.

قد يعدّل النبات الطرق الحيوية الكيميائية لاصطناع الأصبغة في الصانعات الخضراء لتحسين تحمل الجفاف تحت ظروف الإجهاد (Jaleel *et al.*, 2009)؛ كأن تزيد من نشاطية إنزيمات سوبر أوكسيد ديسميوتاز SOD، الكاتالاز CAT وسكوربات بيروكسيداز APX وهرمون القطع ABA لتحسّن من إجمالي كمية الكاروتينوئيدات (Kreslavski *et al.*, 2007).

اليخضور-ب

لم يُلاحظ وجود فروق معنوية في متوسط صفة كمية اليخضور-ب بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط اليخضور-ب الأعلى معنويًّا لدى نباتات القمح التي عُرِّضت للإجهاد المائي (0.161 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.157 مغ/غ وزن رطب)، وسببَ الإجهاد المائي تزايدًا بسيطًا في متوسط كمية اليخضور-ب بمقدار (2.54 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسط صفة كمية اليخضور-ب بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية اليخضور-ب الأعلى لدى الصنف لحن (0.19 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (0.13 مغ/غ وزن رطب)، كما بيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لكمية اليخضور-ب (0.19 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لكمية اليخضور-ب (0.12 مغ/غ وزن رطب) ضمن الظروف نفسها، وقد ازداد اليخضور-ب بشكل بسيط في أغلب الأصناف، وكان أكبرها في الصنفين حوراني وشام3 (6.7 %)، شام1 (6.25%)، جدارة (5.9 %)، لحن (5.3 %)، إلا أن شام5 تراجعت فيه كمية اليخضور-ب بمقدار (14.23 %) (الشكل 2). تتوافق هذه النتائج مع (Guo *et al.*, 2013)؛ إذ إن المحافظة على كمية اليخضور من التدهور تحت تأثير إجهاد نقص الماء في الأصناف المتحملة

للجفاف هي معيار لسلامة الغشاء الثايلاكوئيدي ولكفاءة نقل الإلكترونات في النظام الضوئي وبالتالي القيام بعملية التركيب الضوئي بالشكل الأنسب (Mamnouie *et al*., 2006).

الكاروتينوئيدات

لم يُلاحظ وجود فروقات معنوية في متوسط صفة كمية الكاروتينوئيدات بين المعاملات المدروسة؛ إذ كان متوسط كمية الكاروتينوئيدات الأعلى معنويًّا لدى نباتات القمح التي عُرِّضت للإجهاد المائي (0.21 مغ/غ وزن رطب) مقارنة بالنباتات في معاملة الشاهد المروي (0.19 مغ/غ وزن رطب). وسبب الإجهاد المائي تزايدًا في متوسط كمية الكاروتينوئيدات بمقدار (10.53 %) مقارنة بالشاهد المروي، وبينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروقات معنوية في متوسط صفة كمية الكاروتينوئيدات بين الأصناف (جدول 1)، وكان متوسط كمية الكاروتينوئيدات الأعلى لدى الصنف شام1 (0.23 مغ/غ وزن رطب)، في حين كان متوسط كمية الكاروتينوئيدات الأدنى لدى نباتات الصنف شام5 (0.19 مغ/غ وزن رطب). كما بيّنت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات والأصناف المدروسة، وقد سجّل الصنف لحن أعلى متوسط لكمية الكاروتينوئيدات (0.244 مغ/غ وزن رطب) ضمن ظروف الإجهاد المائي (الشكل 2)، في حين سجل الصنف شام5 أدنى متوسط لكمية الكاروتينوئيدات (0.194 مغ/غ وزن رطب) ضمن الظروف نفسها، كما لوحظت زيادة قليلة للكاروتينوئيدات في أغلب الأصناف تحت تأثير الجفاف (الشكل 2)؛ فكان أكبرها في لحن (20 %) وأقلها في جدارة (5 %)، إلا أنه لوحظ تراجع في الصنف شام5 (3.15 %)، وهذا يتوافق مع (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011)، وأن الكاروتينوئيدات تؤدي دورًا أساسيًّا في الحماية الضوئية لمكونات جهاز التركيب الضوئي من الأوكسجين المفرد المنشّط المشتق من الطاقة الضوئية الزائدة، وبالتالي تقلل من تضرر الغشاء الخلوي (Tas and Tas, 2007)، كما أنها مسؤولة عن كنس الأوكسجين المفرد المنّشط؛ ولهذا فالكمية العالية من الكاروتينوئيدات في القمح القاسي تساعده ليكون أكثر تحملاً للجفاف من القمح الطري (Khayatnezhad and Ghohamin, 2011)، والكفاءة العالية للكيمياء الضوئية.

قرينة ثباتية إجمالي اليخضور

يلاحظ من (الشكل 2) أن ثباتية إجمالي اليخضور كانت الأعلى في الصنف شام1 (118 %) تلاه الصنف حوراني (116 %) ثم شام3 (115 %) ثم الصنف جدارة (107 %) ثم لحن (104 %) وأقلها كان في شام5 (98.4 %). تترافق زيادة كمية اليخضور في الأصناف المقاومة للجفاف تحت إجهاد نقص الماء بازدياد إنزيم سوبر أوكسيد ديسميوتاز، لكن في الأصناف الحساسة نقص الأنزيم ذاته يترافق مع نقص كمية اليخضور (Zaeifyzadeh and Goliov, 2009).

نتائج تحليل المكونات الأساسية

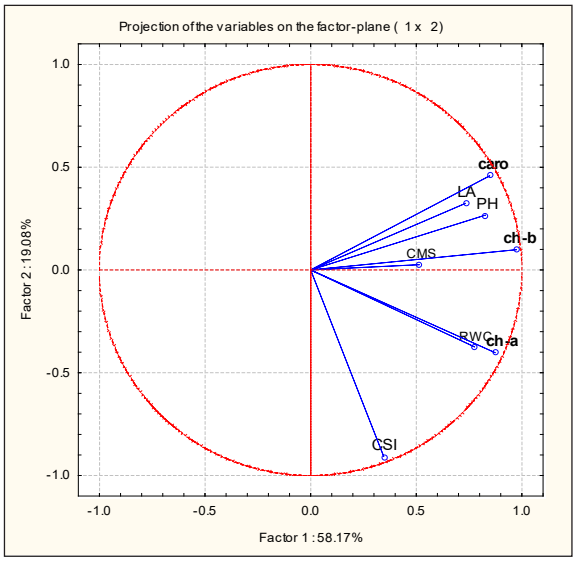
Principle Component Analysis (PCA)

يُظهر الشكلان (3 و4) كلاً من دائرة الارتباط بين المتغيرات المدروسة وخارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين (1*2) تحت ظروف نقص الماء، وهذا يمثل (77.25 %) من التباين الكلي. تتجمع أغلب المتغيرات بالنسبة للمحور التركيبي الأول في الجهة الموجبة، وهذا يعكس الارتباط الإيجابي فيما بينها. أما الأفراد (الأصناف) فهي تتبعثر بشكل جيد؛ نظرًا للتباين الملاحظ فيما بينها بالنسبة للمتغيرات. كما يتضح لنا أن الصنفين لحن وجدارة (بدرجة أقل) هما أغنى الأصناف بالكاروتينوئيدات (0.244 و0.212 على التوالي) وباليخضور-ب (0.19 و0.17)، ويمتلكان أكبر مساحة ورقية (3.35 و3.90 سم)، وطول النبات لديهما هو الأعلى قيمة (18.27 و13.3 سم). ويبدي الصنف شام1 خصائص مناقضة لما يبديه الصنفان السابقان؛ إذ يتصف بغناه باليخضور-أ (0.72)، وبارتفاع قيمة كل من قرينة محتوى الماء النسبي (91.41)، وقرينة ثباتية إجمالي اليخضور (118)، أما الصنف شام5 فهو يحتوي على قيم دنيا تجاه كل المتغيرات السابقة، ويبدي الصنفان حوراني وشام3 قيمًا متوسطة بين قيم كل من لحن وشام5.

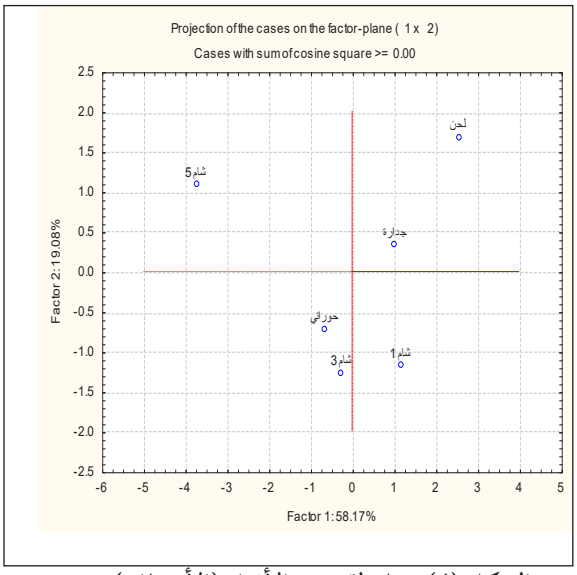
أما المحور التركيبي الثاني (الذي يكون ارتباط المتغيرات المساهمة في بنائه معدومًا مع المتغيرات التي ساهمت في بناء المحور الأول) فتسهم في بنائه

بشكل رئيس قرينة اليخضور الكلي؛ حيث يلاحظ أن الأصناف شام1 وشام3 ثم حوراني هي الأكثر غنى بهذا المتغير (117.94، 114.2، 115.9 على التوالي).

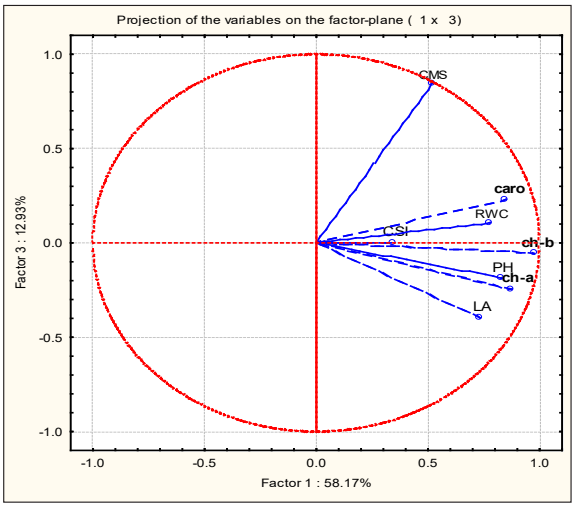
لم يكن المتغير «قرينة ثباتية الغشاء الخلوي» ممثلاً بشكل جيد في المحورين التركيبيين الأول والثاني؛ بل لوحظ أنه ينفصل بشكل مستقل على المحور الثالث، وهذا يشير إلى عدم ارتباطه مع كل المتغيرات السابقة. ويظهر الشكلان (5 و6) دائرة الارتباط بين المتغيرات وخارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين (1*3)، وهذا يمثل 71.1 % من التباين الكلي؛ حيث يتضح أن كلا الصنفين لحن وشام1 يمتلك أعلى القيم لهذه القرينة (81.52 و83.15 على التوالي)، وأدنى قيم هي عند الصنفين جدارة وحوراني (45.36 و47.77 على التوالي)، بينما تحتل باقي الأصناف قيمًا متوسطة بين هاتين المجموعتين.



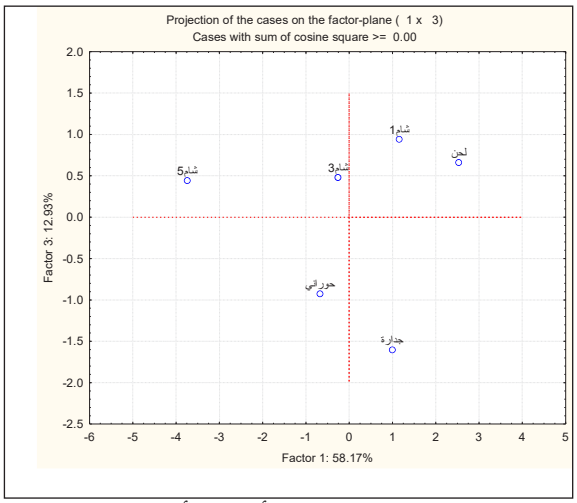
الشكل (3): دائرة الارتباط بين الصفات المدروسة للمحورين التركيبيين 1*2 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (4): خارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين 1*2 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (5): دائرة الارتباط بين المتغيرات (الصفات) المدروسة للمحورين التركيبيين 1*3 تحت ظروف نقص الماء



الشكل (6): خارطة توزع الأفراد (الأصناف) ضمن المحورين التركيبيين 1*3 تحت ظروف نقص الماء

حيث LA مساحة الورقة (سم^2)، PH ارتفاع النبات (سم)، RWC محتوى الماء النسبي (%)، CMSI ثباتية الغشاء الخلوي (%)، Cha اليخضور-أ (مغ غ$^{-1}$ مادة رطبة)، Chb اليخضور-ب (مغ غ$^{-1}$ مادة رطبة)، Caro الكاروتينوئيدات (مغ غ$^{-1}$ مادة رطبة)، CSI قرينة ثباتية الغشاء إجمالي اليخضور.

يتضح من نتائج التحليل الإحصائي أن القيم المرتفعة لمحتوى الماء النسبي تزداد معها قيم اليخضور الإجمالي، ويتوافق معها بشكل نسبي ثباتية الغشاء الخلوي الذي يترافق مع انخفاض الكتلة الحيوية في طول النبات ومساحة الورقة، ولكن بشكل غير كبير، على اعتبار أن فترة الجفاف التي تعرضت لها النباتات غير طويلة (فكانت بمثابة محرض)، ونقص الماء كان في الحدود المناسبة لعمر النبات؛ ليحفزه على إنتاج بعض البروتينات الدفاعية؛ كمجموعة المورثات DHNالمنتمية لعائلة المورثات LEA (Cheng *et al*., 2002)، ولهذا وبزيادة الضغط الأوسموزي (بإنتاج الذائبات العضوية كالسكريات وبعض الأحماض الأمينية الحرة كالبرولين) في الخلايا فإنها تدعم الغشاء الخلوي وتقلل من تخربه وتمنع تسرب الماء منه، وتساهم في امتصاص أكبر كمية من الماء لتعويض النقص، وتسمح له باستمرار عملياته الحيوية وسلامة حياة أكبر عدد ممكن من خلاياه، وبالتالي يكون له القدرة على استعادة نموه، وبالتالي استمرار حياته إن كان متحملاً للجفاف (Uma *et al*., 1995; Kumar *et al*., 1999)، وهذا ما نشاهده في الطبيعة؛ إذ يتراجع المحتوى المائي من التربة تدريجيًّا من السطح العلوي لقطاع التربة إلى الجزء السفلي الذي تنتشر فيه الجذور، مما يعرضها في المراحل الأولى من الجفاف إلى مستويات غير مميتة من الإجهاد المائي، والتي تكون بمثابة صدمة تحريضية لتفعيل تعبير بعض المورثات التي تساعدها على تحمل الجفاف اللاحق.

الاستنتاجات

1. ينتمي الصنف حوراني وشام5 في طور البادرة إلى مجموعة منفقات المياه water spender؛ حيث كانت قيم محتوى الماء النسبي هي الأقل لديهما من بين الأصناف تحت إجهاد نقص الماء، والأكثر فقدًا للماء مقارنة بالشاهد من الصنف نفسه، في حين ينتمي شام1 وجدارة وشام3 ولحن إلى مجموعة مدخرات المياه water sav-er؛ على اعتبار أنها تملك أكبر قيم من محتوى الماء النسبي والأقل تراجعا بقيمتها تحت تأثير إجهاد نقص الماء مقارنة بالشاهد.
2. استطاع الصنف جدارة المحافظة على مائه النسبي (زيادة معنوية بمقدار 2.24%)، وبالتالي حافظ على سلامة أغشيته الخلوية وقلل من نموه بالقدر الذي ساعده على تخطي عتبة الجفاف التي تعرض لها.
3. عند مقارنة الأصناف فيما بينها في مرحلة النمو المبكر وتحت تأثير إجهاد نقص الماء، يمكن القول بأن الصنف شام1 هو الأكثر تحملا للجفاف، تلاه الصنف شام3، ومن بعده لحن، وجدارة، وحوراني، وأقلها تحملاً الصنف شام5.

المقترحات

يمكن الاستفادة من الصنفين شام1 وجدارة (كون الصنف جدارة هو الصنف الوحيد الذي زاد من مائه النسبي تحت ظروف الجفاف) في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحصول القمح.

المراجع

Aesawy, A.M. 2000. Periodicity and prediction of annual surface air temperature over eastern Mediterranean. Bulgarian Journal of Meteorology and hydrology. 11(1-2): 36-45 .

Almeselmani, M.A., Abdullah, F., Hareri, F., Naaesan, M., Ammer, M.A., and Kanbar, O. 2011. Effect of drought on different physiological characters and yield component in different varieties of Syrian durum wheat. Journal of Agricultural Science. 3(3): 127-133.

Anjum, S.A. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Africa journal of agricultural research. 6(9):2032.

Annicchiarico, P., and L. Pecetti. 1993. Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in a dry Mediterranean region of Northern Syria. Agronomie 13: 25- 34.

Araus, J.L. 2004. The problem of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. Annals of Applied Biology. 144: 259–272.

Ayalew H., Liu H., Yan, G. 2016. Quantitative analysis of gene actions controlling root length under water stress in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Crop & Pasture Science. 67: 489–494. dx.doi.org/10.1071/CP15244.

FAO. 2007. Report of the 33rd session of the Committee on Food Security (Rome 7–10 May 2006). Rome. Accessed on 30-10-2017. from: http://cutt.us/iiE5s.

Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29: 185–212.

Kumar, G., Krishnaprasad, B. T., Savitha, M., Gopalakrishna, R., Mukhopadhyay, K., Ramamohan, G., and Udayakumar, M., 1999. Enhanced expression of heat-shock proteins in thermo-tolerant lines of sunflower and their progenies selected on the basis of temperature-induction response. Theoretical and Applied Genetics. 99(1-2): 359-367.

Germ , M., Urbanc, O. B., and Kocjan, A. D., 2005. The response of Sunflower to acute disturbance in water availability. Acta Agriculture Solvenica. 85(1): 135-141.

Gholamin, R., and Khayatnezhad, M. 2010. Study of some physiological responses of drought stress in hexaploid and tetraploid wheat genotypesin Iran. Middle East Journal of Scientific Research. 6(3): 246-250.

Guo, R., Hao, W.P., Gong, D.Z., Zhong, X.L., and Gu, F.X. 2013. Effects of water stress on germination and growth of wheat, photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. *In:* Soriano, M. C. H. (Ed.). Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment. IntechOpen Limited, London. pp 367-380.

Hiscox, J.D., and Israelstom, G.F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without masceration. Canadian Journal of Botany. 57: 1332-1334. doi:10.1139/b79-163.

Jaleel, C. A., Manivannan, P. A., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. A, and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology. 1: 100-105.

Khayatnezhad, M., and Gholamin, R. 2011. Scrutiny of hexaploid and tetraploid (*Triticum durum*) wheat's genotypes to some physiological responses in drought stress. Middle-east journal of scientific Research. 7(1): 12-16.

Bandurska H., 1991. The effect of proline on nitrate reductase activity in water-stressed barley leaves. Acta Physiologiae Plantarum (Poland).13: 3-11. dx.doi.org/10.5772/51205

Barras, H.D., and Weatherley, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian journal of biological science. 15: 413-428.

Sanders, D., and Bethke, P. 2000. Membrane Transport. *In:* Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. pp 110-158. American Society of Plant Physiolgist. Rockville.

Cave, G.1981. Water and membranes: The interdependence of their physico-chemical properties in the case of phospholipids head groups. Studiabiophysica. 91: 41-46.

Cheng, Z., Dong, K., Ge, P., Bian, Y., Dong, L., and Deng, X. 2015. Identification of leaf proteins differentially accumulated between wheat cultivars distinct in their levels of drought tolerance. PLoS ONE 10(5): e0125302. doi:10.1371/journal.pone.0125302.

Cheng, Z.Q., Targolli, J., and Huang, X.Q. 2002. Wheat LEA genes, PMA80 and PMA 1959, enhance dehydration tolerance of transgenic rice (*Oryza sativa* L.). Mol Breed. 10: 71–82.

Cossgrove, D.J., 1989. Characterization of long term extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. Planta. (177): 121-131.

Datta, J. K., Mondal, T., Banerjee, A., and Mondal, N. K. 2011. Assessment of drought tolerance of selected wheat cultivars under laboratory condition. Journal of Agricultural Science and Technology. 7: 383-393.

Deshmukh, P.S., Sairam, R.K., and Shukla, D.S. 1991. Measurement of ion leakage as a screening technique for drought resistance in wheat genotypes. Indian journal of plant physiology. 34: 89-91.

Farshadfar E., Poursiahbidi M.M., and Safavi S.M., 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/ tolerance indices. International Journal of Advances in Biologicaland Biomedical Research. 1: 143-158.

Rajaram, S. 2005. Role of conventional plant breeding and biotechnology in future wheat production. Turk. J. Agric. For. 29: 105-111.

Sairam, R., Shukla D., and Saxena, D. 1998. Stress induced injury and antioxidant enzymes in relation to drought tolerance in wheat genotypes. Biol. Plant. 40: 357-364.

Sharifi, P., Amirnia, R., Majidi, E., Hadi, H., Roustaii, M., Nakhoda, B., Alipoor, H., and Moradi, F., 2012. Relationship between drought stress and some antioxidant enzymes with cell membrane and chlorophyll stability in wheat lines. African Journal of Microbiology Research. 6(3): 617-623. DOI: 10.5897/AJMR11.1167.

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 41: 35-39.

Statsoft, Inc. 2013. Electronic statistics textbook. Tulsa,OK: StatSoft. Accessed on 20-10-2016. from: http://www.statsoft.com/textbook/.

Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. World J. Agric. Sci. 3: 178–183.

Volding, H.D., and Simposon, G.M. 1967**.** Leaf area as an indicator of potential grain yield in wheat. Canadian Journal of Plant Science. 47: 359-365

Uma, S., Prassad. T.G., and Udaya, K.M. 1995. Genetic variability in recovery growth and synthesis of stress proteins, the response to PEG and salt stress in finger millet. Annals of Botany. 76(1): 43-49.

Da Silva, J. V. S. J., Naylor, A.W., and Kramer, P.J. 1974. Some ultrastructural and enzymatic effects of drought stress in cotton *(Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of the National Academy of Sciences. August 1974. 71: 3243-324.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal Plant Physiology. 144: 307-313.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, B. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

Kpyoarissis, A., and Petropoulou, Y. 1995. Summer survival of leaves in soft-leaved shrub (*Phlomis fruticosa* L., Labiatae) under Mediterranean field conditions: Avoidance of photoinhibitory damage through decreased chlorophyll contents. Journal of Experimental Botany. 46: 1825-1831.

Kreslavski, V. D., Carpentier, R., Klimov, V. V., Murata, N., and Allakhverdiev, S. I. 2007. Molecular mechanisms of stress resistance of the photosynthetic apparatus. Biochemistry (Moscow) Supplement Series A: Membrane and Cell Biology. 1(3): 185-205.

Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press: New York.

Mamnouie, E., Fotouhi, G.R., Esfahany, M., and Nakhoda, B. 2006. The effects of water deficit on crop yield and the physiological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. Journal of Agricultural Science and Technology. 8: 211-219.

Meriem, Z., and Youcef, K. 2014. Morpho-physiological behaviour of four genotypes of durum wheat (*Triticum durum desf.*) grown under different levels of water stress. American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science. 14 (12): 1415-1422. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2014.14.12.12471.

Miltter, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in plant science. 7(9): 405-410.

Mohammadi, M., Karimizadeh, R.A., and Naghavi M.R. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. Journal of Agriculture & Social Science. 5: 119–122.

Moragues, M., Garcia D., Moraljo, M., and Royo, C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin I: Yield components. Field Crops Research. 95: 194- 205.

Pour-Aboughadareh A., Ahmadi, J., Mehrabi, A.A., Etminan, A., Moghaddam, M., and Siddique, H. M. 2017. Physiological responses to drought stress in wild relatives of wheat: implications for wheat improvement. Acta Physiologiae Plantarum. 39: 106. DOI 10.1007/s11738-017-2403-z

Zaeifyzadeh, M., and Goliov, R. 2009. The effect of interaction between genotypes and drought stress on the superoxide dismutase and chlorophyll content in durum wheat landraces. Turk. J. Biol. 33: 1-7.

Morpho-physiological Behaviors of some Wheat Cultivars under Water Deficit Stress

Samir Abou-Isba[(1)], Mohammad Soliman[(1)], Lubna Mokrani[(1)], and Maysoun Saleh[(2)]

(1) Department of Plant Biology, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria.
(2) Department of Genetic Resources, General Commission for Scientific Agricultural Research Damascus, Syria.

Received 19 September 2018 - Accepted 30 December 2018

https://doi.org/10.37575/b/agr/2007

ABSTRACT

The capability of seedlings to tolerate the drought stress is considered a primary indicator of drought tolerance at the next growth stages. In this research, the morpho-physiological behaviors of some Syrian durum wheat cultivars at early growth stages, under water deficit stress was examined in a randomized complete block design in period 2016-2017. Under water deficit stress, significant reductions were recorded in plant height, second leaf area, relative water content, and cell membrane stability index. Meanwhile, stability was observed for pigments of photosynthesis. Cham1 cultivar showed the highest values of relative water content, cell membrane stability index, and chlorophyll-a (91.42%, 83.15%, 0.72 mg g^{-1} wet weight), respectively, under water stress, whereas, Cham5 showed the lowest ones. Cham1 is considered the most adapted local variety to drought stress and a promising genetic material for some of the morpho-physiological traits associated with drought tolerance.

Key Words: Cell membrane stability, Durum wheat, Drought, Photosynthesis pigments, Relative water content.

اختبار كفاءة السماد الحيوي من العزلة المحلية *Sinorhizobium fredii* في نمو وإنتاج نبات اللوبياء *Vigna unguiculata* L

وائل محمد مهدي[1] و عبدالكريم عريبي سبع الكرطاني[2]

(1) قسم علوم الحياة، كلية التربية، جامعة سامراء، العراق
(2) قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة تكريت، العراق

استلام 20 نوفمبر 2018م - قبول 30 ديسمبر 2018م

https://doi.org/10.37575/b/agr/2017

الملخص

أصبحت معاملة بذور البقوليات باللقاح الكفء من عمليات الإنتاج المهمة اقتصاديًّا سواء فيما يتعلق بتكوين العقد أو زيادة الإنتاج، فضلاً عن تحسين خصوبة التربة وإنتاجيتها، لذلك أجريت تجارب مختبرية وحقلية، ضمن أطروحة الباحث الأول، بهدف تحضير سماد حيوي آمن بيئيًّا لتحسين نمو وإنتاج نبات اللوبياء من سلالة بكتيرية كفؤة في تكوين العقد وتثبيت النيتروجين. عزلت *Sinorhizobium fredii* من 46 عينة جذور بقوليات وتربة جمعت من مناطق زراعية مختلفة من العراق وذلك بتنميتها على وسط المانيتول ومستخلص الخميرة YEMA، ثم شخصت مظهريًّا اعتمادًا على الصفات المزرعية والمجهرية والكيموحيوية والفسيولوجية وجزيئيًّا باستخدام تقنية PCR، ثم نفذت تجربة حقلية وفق تصميم القطع المنشقة في تربة مزيجية معقمة وغير معقمة. بينت النتائج أن هنالك زيادة معنوية في جميع صفات اللوبياء المدروسة في المعاملات الملقحة، وكانت نسبة الزيادة للمعاملات الملقحة مقارنة بغير الملقحة في عدد العقد ووزنها الجاف 193.49 %، 375.00 % لكل منها على التوالي، أما الوزن الجذري والخضري الجاف فقد كانت 122.45 %، 148.34 %. كما أظهرت النتائج تفوق المعاملات الملقحة معنويًّا على غير الملقحة في عدد القرون والإنتاج الكلي ونسبة البروتين في البذور، وكانت نسبة الزيادة في هذه الصفات 68.47 %، 225.76 %، 22.29 % على التوالي.

أما نتائج التعقيم فلم تظهر فروقًا معنوية في أغلب صفات النمو والإنتاج مقارنة بغير المعقمة. أما التداخل الثنائي بين التسميد الحيوي والتعقيم فقد تفوقت المعاملة الملقحة والمعقمة معنويًّا على غير الملقحة والمعقمة في جميع الصفات المدروسة. وتبين أن العزلة البكتيرية المستخدمة كانت كفؤة في تكوين العقد على جذور اللوبياء والتي أظهرت زيادة معنوية في صفات النمو والإنتاج؛ لذا يجب الاهتمام بمعاملة البذور بهذا النوع من اللقاح فضلاً عن اختبار عزلات أخرى تمتاز بكفاءتها في إحداث الإصابة ومنافسة البكتيريا المستوطنة.

الكلمات المفتاحية: البقوليات، التعقيم، التلقيح، الرايزوبيوم.

المقدمة

تُعد اللوبياء *Vigna unguiculata* واحدة من أهم البقوليات البذرية بسبب نضجها المبكر وإمكانية استعمالها في النظم الزراعية المتعددة؛ إذ تنتشر زراعتها في المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق الاستوائية من العالم، إذ إن أكثر من 80 % من الإنتاج العالمي يأتي من قارة أفريقيا، والجفاف في بعض المناطق يؤدي إلى انخفاض إنتاجية محصول اللوبياء، وانخفاض خصوبة التربة أو انخفاض كفاءة تثبيت النيتروجين الجوي من قبل بكتيريا Rhizobia الأصلية لتزويد النباتات بالنيتروجين الأمثل عن طريق العلاقة التكافلية (Wade *et al.*, 2014). ويلجأ المزارعون عادة إلى استخدام كميات كبيرة من الأسمدة الكيميائية بمختلف أنواعها ومنها الأسمدة النيتروجينية للحصول على أعلى إنتاج، ومن المعروف أن مصادر هذا العنصر غالية الثمن، فضلاً عن كونها ملوثة للبيئة من خلال انعكاس آثارها الجانبية على صحة الإنسان والحيوان والنبات بصورة أو بأخرى (Peoples *et al.*, 2009)، إذ تشير الأبحاث والدراسات الحديثة إلى أن هذه الأسمدة والمبيدات هي المسؤولة عن تفشي العديد من الأمراض وأهمها الفشل الكلوي والسرطانات، لذلك اتجه الباحثون إلى زيادة الطلب على الأسمدة الحيوية والتوسع في استخدامها مقارنة بالأسمدة النيتروجينية المصنعة. والبكتيريا المشار إليها تقوم بتحويل ما يقرب من 20 مليون طن من النيتروجين الجوي N_2 إلى أمونيا أي 50 – 70 % من النيتروجين المثبت حيويًّا في العالم، وإنَّ التثبيت العالي للنيتروجين يحدد مدى نجاح العلاقة التكافلية بين البكتيريا المكونة للعقد الجذرية وبين البقوليات (Simon *et al.*, 2014). إن المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم ولا سيما في العراق تعاني من قلة في أعداد بكتيريا Rhizobia المستوطنة في التربة أو ضعف فعاليتها في التثبيت، بسبب الظروف البيئية غير الملائمة، علما بأنَّ التثبيت الحيوي للنيتروجين الجوي يحتاج إلى أعداد

كبيرة منها تمتاز بقدرتها العالية على المنافسة، وتكون فعالة في التثبيت في الوقت نفسه، لذلك فإنَّ معاملة بذور البقوليات باللقاح أصبح ضروريًّا من الناحية الاقتصادية سواء فيما يتعلق بتحسين النمو وزيادة إنتاج المحاصيل أو بتحسين خصوبة التربة وإنتاجيتها، وعلى الرغم من اهتمام العالم بالأسمدة الحيوية، إلا أن الوطن العربي -وخاصة دولة العراق- ما زال في حاجة إلى مزيد من الدراسات والأبحاث المتخصصة في هذا المجال، لذا كان الهدف من هذه الدراسة اختبار إحدى السلالات المشخصة العائدة لجنس *Sinorhizobium fredii* للتعرف على مدى استجابة نبات اللوبياء للتلقيح بها من خلال تكوين العقد وتحسن صفات النمو والإنتاج.

المواد وطرق البحث

شخصت المزارع النقية للبكتيريا المعزولة وبواقع 46 عزلة للتأكد منها فيما إذا كانت بكتيريا Rhizobia مكونة للعقد الجذرية أو بكتيريا عائدة لأجناس أخرى مثل جنس Agrobacterium وذلك عن طريق مجموعة اختبارات مزرعية Cultural ومجهرية Microscopic وكيموحيوية Biochemical وفسيولوجية Physiological فضلاً عن التشخيص الجزيئي Molecular اعتمادا على المادة الوراثية DNA باستخدام تقنية سلسلة تفاعل البلمرة Polymerase Chain Reaction (PCR). نفذت تجربة حقلية في 15/ 5/ 2016 في قضاء سامراء من محافظة صلاح الدين في تربة مزيجية اتصفت بالخصائص المذكورة في الجدول (1).

جدول (1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والإحيائية للتربة

الخصائص	الوحدة	القيمة
الإيصالية الكهربائية	ديسمتر.متر$^{-1}$	2.18
الأس الهيدروجيني	-	7.83
المادة العضوية	غم كغم$^{-1}$	15.57
النيتروجين الجاهز	ملغم كغم$^{-1}$	26.35
الفوسفور الجاهز		8.33
البوتاسيوم الجاهز		89.5
الرمل	غم كغم$^{-1}$	516.0
الغرين		190.0
الطين		294.0
نسيج التربة	مزيجية	
الأعداد الكلية للفطريات	وحدة تكوين المستعمرة.غم$^{-1}$	5×10^3
الأعداد الكلية للبكتيريا		102×10^6

لدراسة تأثير التلقيح ببكتيريا *Sinorhizobium fredii* المعزولة من بعض النباتات البقولية والتربة المحيطة بها فضلاً عن ترب أخرى غير مزروعة في نمو وإنتاج نبات اللوبياء في تربتين الأولى معقمة والثانية غير معقمة، قسمت معاملات التجربة وفق تصميم القطع المنشقة Split Plot، واشتملت على عاملين:

- عامل التلقيح باللقاح البكتيري: بدون إضافة لقاح ومع إضافة اللقاح.
- وعامل التعقيم بمستويين أيضًا: بدون تعقيم التربة، ومع التعقيم.

وكانت محصلة التداخل بين العاملين 4 معاملات عاملية وبواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة لتصبح المحصلة النهائية 12 وحدة تجريبية.

تعقيم التربة وتنفيذ التجربة

أخذت تربة التجربة موضوع الدراسة بعمق 0-30سم للوحدات التجريبية المراد تعقيمها،

ثم غربلت بمناخل معدنية قطر فتحاتها 2 ملم، ثم وزعت في أكياس بلاستيكية مقاومة للحرارة العالية بمقدار 1 كغم كيس$^{-1}$، وبعدها عقمت في درجة حرارة °121م وضغط 1.5 بار، ولمدة ساعة واحدة بحسب (Nannipleri and Alef, 1995)، وكررت عملية التعقيم 3 مرات متتالية لضمان إزالة التنافس بين الأحياء المجهرية المستوطنة واللقاح الذي سيضاف إلى التربة (Trevors, 1996). بعد التعقيم أعيدت التربة بأكياسها إلى موقع التجربة لتوزيعها على الوحدات التجريبية التي أخذت منها لتهيئة المكان للزراعة.

بتاريخ 10/ 5/ 2016 حرثت أرض الحقل ونعمت وسويت، ثم قسمت إلى 12 وحدة متساوية الأبعاد، وأضيفت التربة المعقمة على عمق 30 سم، والتي أخذت مسبقا من الوحدات التجريبية وبكميات متساوية قبل الزراعة مباشرة، وكانت المسافة بين جميع الوحدات 30 سم، ومن جميع الجهات، وبلغت أبعاد الوحدة التجريبية 75×75سم.

سمد الحقل بسماد اليوريا باعتباره مصدرًا للنيتروجين 46% (N) وبمعدل 50 كغمN هكتار$^{-1}$، مقسم على ثلاث دفعات متساوية قبل الزراعة وبعد شهر من الزراعة وعند 50 % من مرحلة التزهير، وتمثلت الأسمدة الكيماوية الأخرى باستخدام سوبر فوسفات الثلاثي باعتباره مصدرًا للفوسفور 21 % (P)، وسماد كبريتات البوتاسيوم باعتباره مصدرًا للبوتاسيوم 43 % (K) واللذان أضيفا على دفعة واحدة قبل الزراعة وبمعدل 200 كغم هكتار$^{-1}$ لكل سماد، بعد أن مزجت الكميات السمادية كي تتجانس ولا سيما للدفعات المضافة قبل الزراعة، وكانت الإضافة بطريقة الأشرطة Bands ومجاورة لخطوط الزراعة، ثم قلبت جيدًا مع الطبقة السطحية للتربة وبعمق 20 سم تقريبًا.

تعقيم سطح البذور

غسلت البذور المحلية المستعملة في التجربة عدة مرات تحت تيار هادئ من الماء الاعتيادي للتخلص من الشوائب المرافقة، ثم وضعت البذور في دوارق مخروطية زجاجية معقمة سعة 500 مل بكميات لا تتجاوز 25 % من حجم الدورق لضمان كفاءة التعقيم ثم غطيت فوهاتها بورق من الألمنيوم بعد أن غمرت بكمية كافية من محلول مبيض الملابس التجاري القاصر Sodium hypochlorite بتركيز 2.5 % لمدة 3 دقائق مع تحريك الدوارق بلطف، وغسلت بعد ذلك بالماء المعقم ما لا يقل عن 5 مرات متتالية للتخلص من آثار القاصر المتبقي (Somasegaran and Hoben, 1985) فحصت عينات من البذور المعقمة مختبريًّا بزراعتها في أطباق بلاستيكية معقمة وضع فيها قماش أبيض (شاش) مع تنقيعه بكمية قليلة من الماء المعقم لمعرفة نسبة إنباتها قبل زراعتها حقليًّا، ثم حضنت الأطباق بدرجة حرارة °25م، وبعد 3 أيام حسبت نسبة الإنبات على أساس النسبة المئوية فكانت 80 % عن طريق وضع 10 بذرات في الطبق الواحد.

تلقيح البذور

عوملت البذور باللقاح بطريقة العجينة والموصوفة من قبل (Somasegaran and Hoben, 1994) فقد حضر محلول الصمغ العربي باعتباره مادة لاصقة بتركيز 40 %، وذلك بإذابة 40 غم من المادة بشكل تدريجي في بيكرات سعة 250 مل تحوي على 100 مل من الماء المقطر والمعقم موضوعة على مصدر حراري مع مراعاة التحريك المستمر للخليط وعدم وصول حرارة المحلول إلى 100°م، لضمان عدم تغير خصائص المحلول، ثم حضر محلول السكروز لزيادة حيوية البكتيريا وكفاءتها في تكوين العقد بتركيز 15 % وذلك بإذابة 15 غم في 100 مل ماء مقطر ومعقم، ومزجت هذه المواد مع اللقاح المحمل على مادة peat moss بنسبة 3:1 على التوالي قبل مدة قريبة من الاستعمال، ثم عوملت بذور اللوبياء المجهزة للزراعة بالنسبة لمعاملات التلقيح قبل ساعتين من زراعتها، بخلط 100 غم من البذور المعقمة مسبقا في دوارق سعة 500 مل مع 4 غم من اللقاح البكتيري الجاهز (Hanus *et al.*, 1981) مع التحريك المستمر لضمان الالتصاق الجيد بالبذور، ثم نشرت البذور الملقحة على ورقة نشاف نظيف لتجف في الظل بعيدا عن أشعة الشمس للمحافظة على حيوية اللقاح.

زرعت البذور في 15/ 5/ 2016 في خطوط على مسافة 15 سم بين خط وآخر وبعمق 3 سم،

وكانت البذور المعاملة باللقاح أولاً ثم البذور غير الملقحة ثانيًا، وتم ري تربة الحقل مباشرة بطريقة الري بالرش، وكانت عملية الري عند الحاجة كي تبقى التربة محتفظة بنسبة رطوبة قريبة من السعة الحقلية طوال عمر النبات. بعد 10 أيام من الإنبات وبزوغ البادرات فوق سطح التربة خفت النباتات في الأماكن الكثيفة لتصبح المسافة بين نبات وآخر 15 سم وبواقع 5 نباتات في الخط الواحد، ثم رقعت الأماكن غير النابتة بنفس نوع البذور للحصول على كثافة نباتية تصل إلى 444444 نبات.هكتار$^{-1}$ وفقا لنظرية الأبعاد المتساوية Equidistant spacing (الساهوكي، 1991) أي كانت أبعاد النباتات المزروعة على مسافة 15 × 15 سم بين نبات وآخر، وأجريت عمليات خدمة المحصول مثل العزق والتعشيب والتسميد وغيرها على مدار مدة مكث المحصول في الأرض.

الصفات المدروسة

أجريت قياسات وتحاليل مختلفة للنبات في مرحلتي التزهير والحصاد مثل عدد العقد الجذرية والوزن الجاف للعقد الجذرية والوزن الجذري الجاف والوزن الخضري الجاف وعدد القرون وإنتاج القرون في وحدة المساحة وتقدير نسبة النيتروجين في البذور.

التحليل الإحصائي

حللت نتائج التجربة إحصائيًّا باستعمال ANOVA وقورنت المتوسطات بحسب اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى المعنوية 0.05 اعتمادا على البرنامج (SAS، 2005).

النتائج والمناقشة

يتضح من البيانات الواردة بجدولي (2) و (3) أن التلقيح ببكتيريا *Sinorhizobium fredii* قد أثر تأثيرًا معنويًّا في عدد العقد الجذرية ووزنها الجاف؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة على غير الملقحة، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط عدد عقد 20.75 عقدة نبات$^{-1}$، ومتوسط وزن جاف للعقد 0.19 غم نبات$^{-1}$، مقارنة بالمعاملات غير الملقحة التي أعطت متوسط عدد عقد 7.04 عقدة نبات$^{-1}$، ومتوسط وزن جاف 0.04 غم نبات$^{-1}$. ومما سبق يتضح أن المعاملات الملقحة أدت إلى زيادة العدد والوزن الجاف للعقد بنسبة 193.49 % و 375.00 % لكل منهما على التوالي. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من Ulzen *et al*., (2016) الذين بينوا أنَّ المعاملات الملقحة بالسلالتين BR3262 وBR3267 العائدة لبكتيريا Bradyrhizobium قد تفوقت معنويًّا على المعاملات غير الملقحة، وأعطت متوسط عدد عقد 96.7 و 81.0 عقدة نبات$^{-1}$، ومتوسط وزن جاف 465.2 و 527.8 ملغم نبات$^{-1}$ على التوالي، مقارنة بالمعاملات غير الملقحة التي أعطت عدد عقد 57.4 عقدة نبات$^{-1}$ ووزن جاف 320.2 ملغم نبات$^{-1}$.

جدول (2): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في عدد العقد الجذرية (عقدة نبات$^{-1}$) لنبات اللوبياء خلال مرحلة 50% تزهير

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	11.25bc	17.50ab	14.38a
تربة معقمة	2.83c	24.00a	13.42a
المتوسط	7.04b	20.75a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	8.1867	18.024	11.578

جدول (3): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في وزن العقد الجذرية الجاف (غم نبات$^{-1}$) لنبات اللوبياء خلال مرحلة 50% تزهير

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	0.06b	0.22a	0.14a
تربة معقمة	0.02b	0.17a	0.09b
المتوسط	0.04b	0.19a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	0.047	0.0399	0.0664

أما معاملات التعقيم فلم تظهر النتائج فروقًا معنوية في عدد العقد الجذرية لنبات اللوبياء، وقد يعزى ذلك إلى كفاءة التعقيم في القضاء على الأحياء المجهرية في التربة، بينما أثر التعقيم تأثيرًا معنويًّا في وزن العقد الجذرية الجاف؛ إذ تفوقت المعاملات غير المعقمة على نظيرتها المعقمة، وأعطت المعاملات غير المعقمة متوسط وزن عقد جاف 0.14 غم نبات$^{-1}$، مقارنة بالمعاملات المعقمة التي أعطت متوسطًا بلغ 0.09 غم نبات$^{-1}$، أي يقل وزن العقد الجذرية الجاف في المعاملات المعقمة عن نظيرتها غير المعقمة بنسبة 35.7 %. أما التداخل الثنائي بين التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* وتعقيم التربة بالمؤصدة فقد أثر تأثيرًا معنويًّا في عدد العقد الجذرية؛ إذ تفوقت المعاملة الملقحة والمعقمة معنويًّا على بقية حالات التداخل باستثناء المعاملة الملقحة وغير المعقمة، وأعطت المعاملة الملقحة والمعقمة متوسط عدد عقد 24.00 عقدة نبات$^{-1}$، في حين أعطت المعاملة غير الملقحة والمعقمة 2.83 عقدة نبات$^{-1}$. إن هذه النتائج تتماشى مع ما توصل إليه Belachew and Pant (2010) في دراستهما على نبات البازلاء في البيت الزجاجي؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بالسلالة البكتيرية EAL302 العائدة للنوع *R. leguminosarum* والمعقمة على بقية الحالات الأخرى، وأعطت المعاملة الملقحة والمعقمة متوسط عدد عقد بلغ 28 عقدة نبات$^{-1}$، بينما أعطت المعاملات الأخرى 24 و 20 و 0 عقدة نبات$^{-1}$ على التوالي.

أما في وزن العقد الجذرية الجاف، فقد تفوقت المعاملة الملقحة وغير المعقمة معنويًّا على المعاملتين غير الملقحة وغير المعقمة وغير الملقحة والمعقمة، ولم تظهر الأولى فرقًا معنويًّا مع المعاملة الملقحة والمعقمة، وأعطت المعاملة الملقحة وغير المعقمة متوسط وزن عقد جذرية جاف بلغ 0.22 غم نبات$^{-1}$، مقارنة بغير الملقحة والمعقمة التي أعطت متوسطًا بلغ 0.04 غم نبات$^{-1}$. وتتماشى هذه النتائج مع ما توصل إليه El-Khateeb (2012) *et al* في تجربتهم على الباقلاء في الأصص بعد 50 يومًا من الزراعة؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بالسلالة E1 العائدة للنوع *R. leguminosarum bv. viciae* وغير المعقمة على المعاملة الملقحة والمعقمة والمعاملتين غير الملقحتين في التربة غير المعقمة والمعقمة، وأعطت المعاملة الملقحة وغير المعقمة متوسط وزن جاف بلغ 0.58 غم نبات$^{-1}$، بينما أعطت المعاملات الأخرى 0.30 و0.21 و 0.00 غم نبات$^{-1}$ على التوالي.

كما تشير نتائج جدولي (4) و (5) إلى أن التلقيح ببكتيريا *Sinorhizobium fredii* له أثر معنوي في وزن المجموع الجذري والخضري الجاف للنبات، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط وزن جذري وخضري جاف 1.38 و 26.25 غم نبات$^{-1}$، بينما أعطت المعاملات غير الملقحة متوسط وزن 0.65 و 10.57 غم نبات$^{-1}$، **أي** ازداد الوزن الجذري والخضري الجاف في المعاملات الملقحة عن نظيرتها غير الملقحة بنسبة 112.30 % و 148.34 % لكل منهما على التوالي، وقد يعزى ذلك إلى أن استعمال البكتيريا المثبتة للنتروجين يؤدي إلى زيادة تراكم النتروجين المثبت وتحويله إلى أحماض أمينية، ومن ثم إلى مركبات بروتينية يستفيد منها النبات في تكوين الأنسجة المختلفة، مما يؤدي إلى تحسين

النمو وزيادة المجموع الجذري والخضري. وتتفق هذه النتائج مع El-Halfawi *et al*. (2010) في دراستهم على اللوبياء؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بلقاح بكتيريا *Rhizobium* على غير الملقحة، وأعطت متوسط وزن جذري جاف 1.88 و 3.93 غم نبات$^{-1}$، بينما أعطت غير الملقحة 1.55 و 3.61 غم نبات$^{-1}$ بعد 60 و 90 يومًا من البذار لكل منهما على التوالي. كما تتفق مع ما ذكره Lima *et al* (2011). في دراستهم على نبات اللوبياء؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بالسلالة BR 3267 العائدة للنوع *Bradyrhizobium sp*. معنويًا على المعاملات غير الملقحة في الوزن الخضري الجاف، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط بلغ 7.72 غم أصيص$^{-1}$، مقارنة بالمعاملات غير الملقحة التي أعطت 6.62 غم أصيص$^{-1}$.

أما بخصوص التعقيم فلم تظهر المعاملات المعقمة فرقًا معنويًا عن المعاملات غير المعقمة في وزن المجموع الجذري والخضري الجاف لنبات اللوبياء. كما تتفق هذه النتائج مع الكرطاني وعلي (2014) في دراستهما حول تأثير التعقيم على نمو فول الصويا؛ إذ لم يكن هنالك فرقًا معنويًا بين المعاملات المعقمة بالمؤصدة لمرة واحدة والمعاملات غير المعقمة.

جدول (4): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في وزن المجموع الجذري الجاف (غم نبات$^{-1}$) لنبات اللوبياء خلال مرحلة 50 % تزهير

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	0.70bc	1.66a	1.18a
تربة معقمة	0.59c	1.11b	0.85a
المتوسط	0.65b	1.38a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	0.309	0.7449	0.437

جدول (5): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في وزن المجموع الخضري الجاف (غم نبات$^{-1}$) لنبات اللوبياء خلال مرحلة 50 % تزهير

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	11.76b	18.67b	15.22a
تربة معقمة	9.38b	33.84a	21.61a
المتوسط	10.57b	26.25a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	6.7712	10.335	9.576

أما التداخل الثنائي بين التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* وتعقيم التربة بالمؤصدة فقد أثر تأثيرًا معنويًا في وزن المجموع الجذري الجاف؛ إذ تفوقت المعاملة الملقحة وغير المعقمة معنويًا على بقية معاملات التداخل الأخرى، وأعطت المعاملة الملقحة وغير المعقمة متوسط وزن جذري جاف 1.66 غم نبات$^{-1}$ مقارنة بالمعاملة غير الملقحة والمعقمة التي أعطت متوسط وزن جذري 0.59 غم نبات$^{-1}$، وبخصوص الوزن الخضري الجاف فقد أظهرت المعاملة الملقحة والمعقمة فرقًا معنويًا عن بقية معاملات التداخل، وأعطت المعاملة الملقحة والمعقمة متوسط وزن

خضري جاف 33.84 غم نبات$^{-1}$، في حين أعطت المعاملة غير الملقحة والمعقمة متوسط وزن خضري جاف 9.38 غم نبات$^{-1}$، أي بنسبة زيادة قدرها 260.76 %.

كما تظهر نتائج الجدول (6) أنَّ التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* له أثرٌ معنوي في عدد قرون النبات؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة معنويًّا على نظيرتها غير الملقحة، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط عدد قرون 20.84 قرن نبات$^{-1}$، في حين أعطت غير الملقحة متوسط عدد قرون 12.37 قرن نبات$^{-1}$، أي ازدادت بمعدل 68.47 %. وأن التلقيح بلقاح بكتيريا Rhizobia يحسن من نمو النباتات البقولية من خلال زيادة الأوزان الجافة، والذي ينعكس إيجابا على امتصاص النيتروجين وغيره من العناصر، ومن ثم تتحسن صفات الإنتاج، ولا سيما عدد القرون في النبات. وتتفق هذه النتائج مع Danso (2016) في دراسته على اللوبياء؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بالسلالة BR3262 معنويًّا على المعاملات غير الملقحة، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط عدد قرون 7.47 قرن نبات$^{-1}$ مقارنة بغير الملقحة التي أعطت 7.22 قرن نبات$^{-1}$.

جدول (6): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في عدد القرون (قرن نبات$^{-1}$) لنبات اللوبياء

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	12.35c	18.56b	15.45a
تربة معقمة	12.39c	23.12a	17.75a
المتوسط	12.37b	20.84a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	1.7903	4.5809	2.5319

أما معاملات التعقيم فلم يكن هناك تأثير معنوي في عدد القرون لنبات اللوبياء، وقد يعزى ذلك إلى قلة المحتوى الميكروبي في التربة المعقمة مقارنة بالتربة غير المعقمة التي تحتوي على أعداد هائلة حول المحيط الجذري للنبات ولا سيما بكتيريا الرايزوبيوم. أما التداخل الثنائي بين التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* وتعقيم التربة بالمؤصدة فقد أظهرت بعض المعاملات فروقات معنوية فيما بينها؛ إذ تفوقت المعاملة الملقحة والمعقمة معنويًّا على جميع حالات التداخل، وأعطت أعلى متوسط في عدد القرون 23.12 قرن نبات$^{-1}$، في حين أعطت المعاملة غير الملقحة وغير المعقمة أقل متوسط في عدد القرون 12.35 قرن نبات$^{-1}$.

يبين الجدول (7) أنَّ التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* له أثرٌ معنوي في الإنتاج الكلي للنبات؛ إذ أعطت المعاملات الملقحة متوسط إنتاج كلي 16.94 طن هكتار$^{-1}$ في حين أعطت المعاملات غير الملقحة متوسط إنتاج كلي 5.20 طن هكتار$^{-1}$، وبزيادة مئوية بلغت 225.76 %، وقد يعزى هذا التفوق إلى كفاءة اللقاح في تكوين العقد الجذرية التي تؤدي دورًا كبيرًا في كفاءة التثبيت، ومن ثم زيادة النيتروجين في الأجزاء الخضرية والذي ينعكس على زيادة البروتين في مختلف أجزاء النبات؛ مما يؤدي إلى تحسن نمو النبات وزيادة الإنتاج بسبب زيادة مكوناته. إن هذه النتائج تتماشى مع كل من Ulzen *et al*. (2016) الذين بينوا أنَّ المعاملات الملقحة بالسلالتين BR 3262 وBR 3267 العائدة لبكتيريا *Bradyrhizobium* قد تفوقت معنويًّا على المعاملات غير الملقحة، وأعطت المعاملات الملقحة بالسلالتين متوسط إنتاج مادة جافة 2708 و2696 كغم هكتار$^{-1}$ لكل منهما على التوالي مقارنة بنظيرتها غير الملقحة التي أعطت 1964 كغم هكتار$^{-1}$.

أما التعقيم فلم تظهر المعاملات المعقمة فرقًا معنويًّا في الإنتاج الكلي لنبات اللوبياء عن المعاملات غير المعقمة.

جدول (7): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في الإنتاج الكلي (طن هكتار$^{-1}$) لنبات اللوبياء

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	5.21b	15.62a	10.42a
تربة معقمة	5.19b	18.26a	11.72a
المتوسط	5.20b	16.94a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	3.5117	2.1923	4.9663

أما التداخل الثنائي بين التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* وتعقيم التربة بالمؤصدة فقد أظهرت المعاملات فروقات معنوية فيما بينها، وتفوقت المعاملة الملقحة والمعقمة معنويًّا على بقية معاملات التداخل باستثناء المعاملة الملقحة وغير المعقمة؛ إذ أعطت المعاملة الملقحة والمعقمة أعلى متوسط في الإنتاج الكلي للنبات 18.26 طن هكتار$^{-1}$، بينما أعطت المعاملة غير الملقحة والمعقمة متوسطًا بلغ 5.19 طن هكتار$^{-1}$.

يشير الجدول (8) إلى أنَّ التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* له أثرٌ معنوي في نسبة البروتين في البذور؛ إذ أعطت المعاملات الملقحة متوسط نسبة بروتين بلغ 25.10 %، بينما أعطت المعاملات غير الملقحة متوسط نسبة بروتين بلغ 20.54 %، وبزيادة مئوية بلغت 22.29 %، وقد تعزى هذه النتائج إلى قدرة بكتيريا اللقاح المستخدم على المنافسة في إحداث إصابة الجذور، ونشاطها في توفير مغذيات النبات ولا سيما النيتروجين والذي ينعكس على المجموع الجذري والوزن الخضري الجاف، مما يحقق أفضل عدد للقرون، مما أدى إلى أفضل إنتاج وبمحتوى جيد من البروتين.

وتتماشى هذه النتائج مع العاني وآخرون (2011) في دراستهم على اللوبياء؛ إذ تفوقت المعاملات الملقحة بالرايزوبيوم معنويًّا على المعاملات غير الملقحة، وأعطت المعاملات الملقحة متوسط نسبة نيتروجين 4.7 % في حين أعطت غير الملقحة 3.8 %. كما تتفق هذه النتائج مع Alkurtany *et al.,* (2018) الذين بينوا تفوق المعاملات الملقحة على المعاملات غير الملقحة في نسبة البروتين في البذور، وكانت نسبة الزيادة المئوية 16.86 %.

أما معاملات التعقيم فلم تظهر تأثيرًا معنويًّا في نسبة البروتين في البذور؛ إذ بلغ متوسط نسبة البروتين في المعاملات المعقمة 22.75 % مقارنة بغير المعقمة التي أعطت 22.89 %.

أما التداخل الثنائي بين التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* وتعقيم التربة بالمؤصدة فلم تظهر المعاملات فروقات معنوية كبيرة، إذ لم تظهر المعاملة الملقحة والمعقمة فروقا معنوية عن باقي التداخلات باستثناء المعاملة غير الملقحة والمعقمة؛ إذ أعطت المعاملة الملقحة والمعقمة أعلى متوسط في نسبة البروتين 26.12 %، في حين أعطت المعاملة غير الملقحة والمعقمة أقل متوسط بلغ 19.38 %.

جدول (8): تأثير التلقيح بلقاح بكتيريا *Sinorhizobium fredii* والتعقيم والتداخل بينهما في نسبة البروتين % في بذور نبات اللوبياء

التلقيح التعقيم	بدون تلقيح *Sinorhizobium fredii*	مع التلقيح *Sinorhizobium fredii*	المتوسط
تربة غير معقمة	21.69ab	24.09a	22.89a
تربة معقمة	19.38b	26.12a	22.75a
المتوسط	20.54b	25.10a	-
$LSD_{0.05}$	التلقيح	التعقيم	التداخل
	3.2477	1.2587	4.593

الاستنتاجات والتوصيات

إن العزلة البكتيرية المشخصة العائدة *Sinorhizobium fredii* كانت كفؤة في تكوين العقد على جذور نبات اللوبياء ومن ثم فإنَّ التسميد الحيوي بهذه العزلة أدى إلى زيادة معنوية في صفات النمو والإنتاج مقارنة بغير الملقحة، في حين لم يكن لعامل التعقيم أثر معنوي في أغلب الصفات، وتفوقت المعاملات الملقحة والمعقمة معنويًّا على بقية معاملات التداخل ولا سيما على المعاملة غير الملقحة والمعقمة، ولذلك نوصي بتلقيح البذور ببكتيريا *Sinorhizobium fredii* لتحسين نمو النبات والحصول على أعلى إنتاج، فضلاً عن إجراء تجارب باستخدام عزلات بكتيرية مختلفة لاختبار كفاءتها في إحداث الإصابة، ومنافسة البكتيريا المستوطنة في تكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين.

المراجع

الساهوكي، مدحت مجيد. 1991م. فول الصويا إنتاجه وتحسينه. الطبعة الأولى، مطبعة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد، العراق.

العاني، رقيب عاكف، ومهدي، ماجدة هادي، وعبود، هادي مهدي. 2011م. تأثير معاملة بذور فول الصويا ببكتيريا العقد الجذرية *Rhizobium japonicum* والمبيد الفطري (Thiobendazole Tecto) في خفض الإصابة بمرض عفن الجذور وموت البادرات المتسبب عن فطور *Macrophomina phaseolina* و *Fusarium solani* . مجلة وقاية النبات العربية، الجمعية العربية لوقاية النبات، بيروت، لبنان، المجلد 29، العدد (1)، ص ص 60-67.

الكرطاني، عبدالكريم عريبي سبع، وعلي، شيماء عبد محمد. 2014م. تأثير طرائق التعقيم المختلفة وتكرارها في بعض المجاميع الميكروبية ونمو نبات فول الصويا *Glycine max* L. في تربة جبسية. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الأنبار، الأنبار، العراق، المجلد 12، العدد (2)، ص ص 43-49.

Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London.

Alkurtany, A. E. S., Mahdi, W. M., and Ali, S. A. M. 2018. The efficiency of prepared biofertilizer from local isolate of *bradyrhizobium* sp. on growth and yield of mung bean plant. Iraqi Journal of Agricultural Sciences. 49(5):722-730.

Belachew, T., and Pant, M. 2010. Measurement of competitive ability of *Rhizobium leguminosarum* in different pea genotypes under sterilized and unsterilized soil conditions. Int. J. Microbiol. 1(3): 87-91.

Danso, J. 2016. Growth and yield of cowpea (*Vigna Unguiculata*) following nitrogen fertilizer application and inoculation. PhD Thesis. Faculty of Agriculture, Kwame Nkrumah University, Ghana.

El-Halfawi, M. H., Ibrahim, S. A., and Kandil, H. 2010. Influence of elemental sulfur, organic matter, sulfur oxidizing bacteria and cabronite alone or in combination on cowpea plants and the used soil. Soil Forming Factors and Processes from the Temperate Zone. 9(1): 13-29.

El-Khateeb Nagwa, M., Shalaby, M. E., Belal, E. B., and El - Gremi, S. H. M. 2012. Symbiotic nitrogen fixation of faba bean plants inoculated with salt-tolerant rhizobium isolates. J. Agric. Chem. and Biotechn. 3(10): 411-423.

Farias, T. P., Trochmann, A., Soares, B. L., and Moreira, F. M. S. 2016. Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão state. Acta Scientiarum. Agronomy. 38(3): 387-395.

Hanus, F. J., Albrecht, S. L., Zablotowicz, R. M., Emerich, D. W., Russell, S. A., and Evans, H. J. 1981. Yield and N content of Soybean seed as influenced by *Rhizobium Japonicum* inoculants possessing the hydrogenase characteristic. Agronomy Journal. 73(2): 368-372.

Lima, A. S., Xavier, T. F., Lima, C. E., Oliveira, J. D., Mergulhão, A. C., and Figueiredo, M. D. 2011. Triple inoculation with Bradyrhizobium, *Glomus* and *Paenibacillus* on cowpea (*Vigna unguiculata*) development. Brazilian Journal of Microbiology. 42(3): 919-926.

Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. J. R., Urquiaga, S. and Sampet, C. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. Symbiosis. 48(1-3): 1-17.

SAS. 2005. User Guide. Statics (Version 6 . 121) SAS . Inst., Cary N.C. U.S.A.

Trevors, J. T. 1996. Sterilization and inhibition of microbial activity in soil. Journal of Microbiological Methods. 26(1-2): 53-59.

Ulzen, J., Abaidoo, R. C., Mensah, N. E., Masso, C., and Abdel Gadir, A. H. 2016. *Bradyrhizobium* inoculants enhance grain yields of soybean and cowpea in northern Ghana. Frontiers in Plant Science. 7(1770):1-9.

Wade, T. K., Le Quéré, A., Laguerre, G., N'Zoué, A., Ndione, J. A., Sadio, O., and Neyra, M. (2014). Eco-geographical diversity of cowpea bradyrhizobia in Senegal is marked by dominance of two genetic types. Systematic and applied microbiology. 37(2), 129-139.

Simon, Z., Mtei, K., Gessesse, A., and Ndakidemi, P. A. 2014. Isolation and characterization of nitrogen fixing Rhizobia from cultivated and uncultivated soils of northern Tanzania. American Journal of Plant Sciences. 5(26): 4050- 4067.

Somasegaran, P., and Hoben, H. J. 1985. Methods in legume-Rhizobium technology. Paia, Maui: University of Hawaii NifTAL Project and MIRCEN, Department of Agronomy and Soil Science, Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, College of Tropical Agriculture and Human Resources.

Somasegaran, P., and Hoben, H. J. 1994. Handbook for Rhizobia: Methods in Legume - Rhizobium Technology. Springer - Verlag, New York.

Efficiency Test of *Sinorhizobium fredii* Local Isolate Biofertilizer on Growth and Yield of Cowpea *Vigna unguiculata* L.

W. M. Mahdi[1] and A. E. S. Alkurtany[2]

(1) Department of Biology, College of Education, Samarra University, Iraq.
(2) Department of soil science, college of Agriculture, Tikrit University, Iraq

Received 20 November 2018 - Accepted 30 December 2018

https://doi.org/10.37575/b/agr/2017

ABSTRACT

Legumes' treatment with efficient inoculant is an important economic practice regarding nodules formation, increasing production, and improving soil fertility and productivity. Laboratory and field experiments were conducted to prepare an ecologically safe fertilizer to improve the growth and yield of cowpea using *Sinorhizobium fredii* isolated from 46 legumes roots and soil samples collected from various agricultural areas of Iraq. The isolate was prepared by growing the samples on yeast extract mannitol agar (YEMA). It was identified using culture and microscopic characteristics, biochemical and physiological test, and PCR technology. A split plot experiment was conducted in sterile and non-sterile soil. The results showed a significant increase in the studied characteristics of cowpea due to biofertilizer treatments. The percentages of number of nodules and dry weight of biofertilized plants increased by 193.49 %, 375.00 %, respectively. Root and shoot dry weight increased 122.45 % and 148.34 %, due to biofertilizer treatment compared to non-fertilized ones. The results also showed a significant increase in the number of pods, total yield, and the ratio of protein in seeds by 68.47 %, 225.76 %, and 22.29 % respectively. The differences in growth and yield characteristics due to sterilization were insignificant compared to non-sterile except for nodules weight per dry root produced from non-sterilized treatments, which was significantly higher. The interaction between fertilization and sterilization showed that the fertilized and sterilized treatment combination was significantly higher compared to non-fertilized and sterilized treatment in all studied traits.

The isolate used was efficient in nodules formation and caused a significant increase in the characteristics of growth and yield. Attention must be given to treat seeds with this type of inoculum as well as testing other isolates that are characterized by high efficiency in causing nodulation and competing with local bacteria.

Key Words: Inoculation, Legumes, Rhizobium, Sterilization.

تحديد سلالات من الكالوس المجهد في ثلاثة أصناف من البطاطا (*Solanum tuberosum* L) ودراسة مدى تحملها للإجهاد الملحي

ريما مصا[1] و فهد البيسكي[2] و خليل المعري[1]

(1) قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية

(2) الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق، سورية

استلام 8 ابريل 2018م - قبول 13 أكتوبر 2018م

https://doi.org/10.37575/b/agr/2043

الملخص

يعد الإجهاد الملحي أحد أهم الإجهادات اللاحيوية التي تحد من إنتاج البطاطا في سوريا. نفذ هذا البحث في مخابر الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق، وكلية الزراعة في جامعة دمشق بهدف دراسة تأثير الإجهاد الملحي في بعض مؤشرات النمو: (طول النبات وقطره، المساحة الورقية، عدد الأوراق، طول الجذور وعددها والوزنين الرطب والجاف) للسلالات المتجددة من الكالس المجهد لثلاثة أصناف من البطاطا (*Solanum tuberosum*)؛ تاروس وسفاري وسفنجا. كانت نسبة التجديد الأعلى معنويًا لدى الصنف سفنجا حيث بلغت 37.50 % تلاه الصنف سفاري 31.25 % وذلك عند الزراعة على الوسط المزود بـ 1.5مغ/ ل BAP + 25 مغ/ ل سلفات الأدنين، في حين كانت النسبة الأعلى للتجديد في الصنف تاروس 34.33 % عند زراعة الكالس على وسط MS المزود بـ 1مغ/ ل+0.5 BAP مغ/ ل IAA. تفوقت كل من السلالة S9 على بقية سلالات الصنف سفنجا من حيث طول النبات وعدد الجذور، والسلالة SF5 على بقية سلالات الصنف سفاري بقطر الساق والمساحة الورقية وعدد الجذور، والسلالة T1 على بقية سلالات الصنف تاروس من حيث طول الجذور والوزنين الرطب والجاف. يقترح البحث العمل على متابعة الدراسة لمعرفة درجة التباين الوراثي بين الأصناف المدروسة والطرز المتجددة منها باستخدام تقنية الـISSR ، ومتابعة العمل حقليًا لدراسة سلوكها تحت تأثير الإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية: إجهاد ملحي، البطاطا، التجديد، كالس.

المقدمة

تنتمي البطاطا (*Solanum tuberosum* L.) إلى العائلة الباذنجانية *Solanaceae* التي تضم نحو 90جنسًا و2000 نوع تقريبًا (بوراس وآخرون، 2006)، وتنتمي إليها عدة نباتات مهمة كالبندورة والفليفلة والتبغ والباذنجان. تنمو البطاطا في المناطق المعتدلة والاستوائية وشبه الاستوائية وتعد البطاطا في بعض البلدان الغذاء اليومي الرئيس بسبب سعرها المنخفض وقيمتها الغذائية العالية (Xin *et al*., 1998).

في سوريا، تعد البطاطا واحدة من أهم محاصيل الخضروات، وقد بلغ إجمالي مساحة البطاطا التي تم حصادها نحو (22369 هكتارًا)، والتي أنتجت أكثر من (507384 طنًّا) في عام 2016 (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2016). تؤثر الإجهادات الحيوية (الحشرات والأمراض الفيروسية والفطرية) واللاحيوية (الجفاف، الملوحة، الصقيع والحرارة...إلخ) في نمو ومعدل إنتاج الكثير من المحاصيل بما فيها البطاطا، وتقدر خسارة الصناعات الزراعية والبستانية بمليارات الدولارات سنويًا؛ نتيجة لتعرض النباتات للإجهادات (Senaratna *et al*., 2003).

تصنف البطاطا كنباتات نشوية معتدلة الحساسية نسبيًا للملوحة (Katerji *et al*., 2003). وقد أوضحت العديد من الدراسات أن أنواع البطاطا تمتلك تباينات وراثية في تحملها للإجهاد، الأمر الذي يجعل منها مادة حيوية جيدة للدراسات المتعلقة بآلية تحملها للإجهاد (Martinez *et al*., 1996)، ومع ذلك فقد أجريت أبحاث قليلة على آليات تحمل الإجهاد الملحي في هذا المحصول نظرًا لأنها ظاهرة معقدة (Queiros *et al*., 2007). من جهة أخرى، يعد استحداث الكالس خطوة مهمة في إحداث التغيرات الوراثية التي تعد ضرورية للحصول على سلالات وأصناف جديدة، إضافة إلى دوره في سهولة إنتاج عدد كبير من النبيتات المخبرية (Haque *et al*., 2009). استخدم مصطلح التغيرات الجسمية "Somaclonal Variation" كمؤشر للتغيرات التي تحدث في النباتات، ومن المعروف أن هذه التغيرات تحدث بكثرة عند عزل البروتوبلاست والكالس (Nistor *et al*., 2009).

تصف التغيرات الجسمية التغيرات الوراثية وغير الوراثية التي تحدث في النباتات، ومن الممكن ظهورها إما خلال أو بعد الزراعة المخبرية لخلايا وأعضاء النبات، أو الكالس. ويهتم علماء النبات بتلك التغيرات التي قد تورث وتحدث نتيجة للتغيرات الحاصلة في البلاستيدات والجينومات النووية (Kaeppler *et al*., 2000). يطلق على هذه السلالات الناتجة من زراعة المعلقات الخلوية ذات التراكيب الوراثية الجديدة بسلالات الكالس Calli clones؛ لأنّها ناتجة عن تمايز الكالس تحت ظروف الزراعة المخبرية. وقد تمّ تعريف هذه السلالات باسم السلالات الكالسية (الخلوية) (Skirvin and Janick, 1976).

وضع العالمان Larkin and Scowraft (1981) تعريفًا دقيقًا لهذه السلالات، وهو التباين الجسمي، مشترطين في هذه التسمية أن تكون تلك السلالات ناتجة عن الاختلافات الجسمية في القطع النباتية المزروعة تحت ظروف الإجهاد ضمن الظروف البيئية المخبرية، وبالمقارنة مع الطفرات الطبيعية التي تتشكل تحت الظروف البيئية الحقلية، فقد وُجد أنّ التباينات الوراثية الناتجة عن زراعة الكالس تكون بمعدل 30 % بالمقارنة مع الطفرات الطبيعية تحت الظروف الخارجية التي لا تتجاوز 0.00001 % (Smith *et al*., 1993). وقد أظهرت النتائج التي توصل إليها كثير من الباحثين أنّ الاختلافات الوراثية التي تحدث في خلايا الكالس قد تكون على الصبغيات Chromosomes نتيجة عمليات الحذف أو الإضافة أو التكرار أو الانقلاب في النيوكلوتيدات المكونة للمورثة (Kumar and Marthur, 2004).

تعدّ عملية إكثار النبات المتحمل للملوحة تليها خطوة الاختبار الوراثي عند مستوى النبات الكامل البرهان الوحيد لمعرفة الخلايا المتكشفة والمتغايرة وراثيًّا، ولا سيما النباتات الناتجة من الخلايا المتحملة النامية في وسط ملحي يحتوي NaCl (Beloualy and Bouharmont, 1992)، بينما يعد انقسام الخلايا النباتية صعبًا جدًّا في أغلب الحالات؛ إذ تبين أن وجود الملح يسبب صعوبةً في عملية الانقسام، لذا تم إكثار النباتات على وسط خالٍ من الملح (Li and Heszky , 1986). وعليه فقد كانت فكرة البحث في تجديد سلالات من الكالس المجهد لنباتات أصناف البطاطا الثلاثة المدروسة (سفنجا، سفاري، تاروس) ودراسة مدى تحملها للإجهاد الملحي وتحديد بعض السلالات المتفوقة منها.

المواد وطرق العمل

نفذ البحث في مخابر الهيئة العامة للتقانة الحيوية بدمشق، وفي مخابر كلية الزراعة بجامعة دمشق (سورية)، خلال العامين 2017 و 2018. استخدمت في تنفيذ هذا البحث ثلاثة من أهم أصناف البطاطا المحلية: (سفنجا وسفاري وتاروس) وهي من الأصناف المتميزة من ناحية النوعية والإنتاجية ومتعددة الاستخدام، وتم إدخالها وإكثارها مخبريًّا، وقد تم الحصول عليها من الهيئة العامة للتقانة الحيوية. تم استحداث الكالس من ثلاثة أجزاء من النبات هي السلاميات، والبراعم، والأوراق الفتية لنباتات الأصناف المدروسة، وذلك بزراعتها على الوسط المغذي MS المزود بمنظم النمو (الأوكسين) 2,4-D بتركيز 3 مغ/ ل وفق (2007) Shirin *et al*.، وتم إكثار الكالس ثلاث مرات متتالية؛ وذلك من خلال تجزئته ونقله إلى وسط مغذٍ جديد، له مكونات وسط الاستحداث نفسه. نُقل الكالس بعدها إلى وسط الإجهاد الملحي وهو وسط مماثل في تركيبه لوسط الاستحداث، لكن مع إضافة عامل الإجهاد الملحي وهو ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) بمستوياتٍ مختلفة (50، 100، 150 ميلليمول)، ثم تم اختيار التركيز الملحي (100–150 ميلليمول من NaCl) الذي يسبب انخفاضًا بنسبة 50 % في كل من حيوية الخلايا ومعدل النمو النسبي(RGR) للكالس على أنه التركيز نصف المميت لكل من الأصناف الثلاثة المدروسة (Ochatt *et al*.,1999)، نقل الكالس من وسط الإكثار إلى وسط النمو المزود بالتركيز نصف المميت الذي هو 100 ميلليمول من NaCl للصنفين تاروس وسفاري و150 ميلليمول من NaCl للصنف سفنجا، وأبقي على هذا التركيز مدة شهرين، ثم تم إكثاره على وسط MS الخالي من عامل الإجهاد الملحي، تم الإكثار مرتين بفاصل زمني بمعدل أسبوعين، وذلك من خلال تجزئته ونقله إلى وسط مغذٍ له مكونات وسط الاستحداث نفسه، لكن يحتوي

على منظم النمو (2,4-D) بتركيز 0.5 مغ/ ل، وذلك للحصول على الكميات الكافية لتنفيذ التجارب. نقل بعدها الكالس إلى وسط التجديد لدراسة تأثير منظم النمو BAP، حيث زرع على وسط (MS) المزود بهرمونBAP بتراكيز مختلفة إضافةً إلى سلفات الأدنين ($AdSO_4$) بتركيزين (15 و 25 مغ/ ل)، كما تم استخدام الوسط المزود بـ BAP بتركيز 1 مغ/ ل+ IAA بتركيز 0.5 مغ/ ل في تجديد النباتات من الكالس المجهد ملحيًّا (الجدول 1). تم إكثار النباتات المتجددة من الكالس المجهد للحصول على الكمية الكافية من المادة النباتية اللازمة لإجراء الاختبار الملحي، واستخدمت تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم NaCl كعامل مسبب للإجهاد الملحي (200، 250 ميلليمول)، حيث زرعت النبيتات الناتجة من مرحلة التجديد ضمن أنابيب تحوي 12.5 مل من وسط الإكثار المضاف له عامل الإجهاد، والقراءات التي أُخذت وسجلت كانت على النحو التالي: بعد (30) يومًا من المعاملة الملحية للنبيتات المتجددة من الكالس المجهد لأصناف البطاطا الثلاثة المدروسة، تم قياس طول الساق (سم) وقطره (مم) من منطقة المنتصف (تم قياس قطر الساق بواسطة جهاز البياكوليس الرقمي Electric Digital Caliper, Model Z22855F, ±0,02mm, UK)، وطول الجذر الرئيس (سم) وسُجل عدد الأوراق والجذور، وقيست المساحة الورقية (مم^2) باستخدام جهاز قياس المساحة الورقية (Area Meter, AM300)، وذلك بعد فرد الأوراق تمامًا وهي على النبات على شاشة الجهاز، وفقا للوزنين الرطب والجاف للنبيتات المخبرية وذلك بعد تجفيفها عند درجة حرارة 110مْ حتى ثبات الوزن (Cha-um *et al*., 2010).

الجدول (1): الأوساط المغذية المستخدمة في استحداث وإكثار وتكشف الكالس

المركب	مرحلة استحداث الكالوس(مغ/ ل)	إكثار الكالس (مغ/ ل)	مرحلة التجديد (مغ/ ل)
المحلول المعدني	موراشيج وسكوج (MS)	موراشيج وسكوج (MS)	موراشيج وسكوج (MS)
ثيامين	0.5	0.5	0.5
بيرودوكسين	0.5	0.5	0.5
حمض النيكوتين	0.5	0.5	0.5
حمض الفوليك	0.5	0.5	0.5
بيوتين	0.05	0.05	0.05
غلايسين	2	2	2
ميواينوزيتول	100	100	100
غلوتامين	2	2	2
ثنائي كلوروفينوكسي حمض الأستيك	1, 1.5, 2, 2.5, 3	0.5	-
بنزيل أمينو بيورين	-	-	0,0.5, 1, 1.5
سلفات الأدنين	_	_	15- 25
أندول أستيك أسيد	_	_	0.5
سكروز	30000	30000	30000
أغار عالي النقاوة	5.5	5.5	5.5
PH	5.8	5.8	5.8

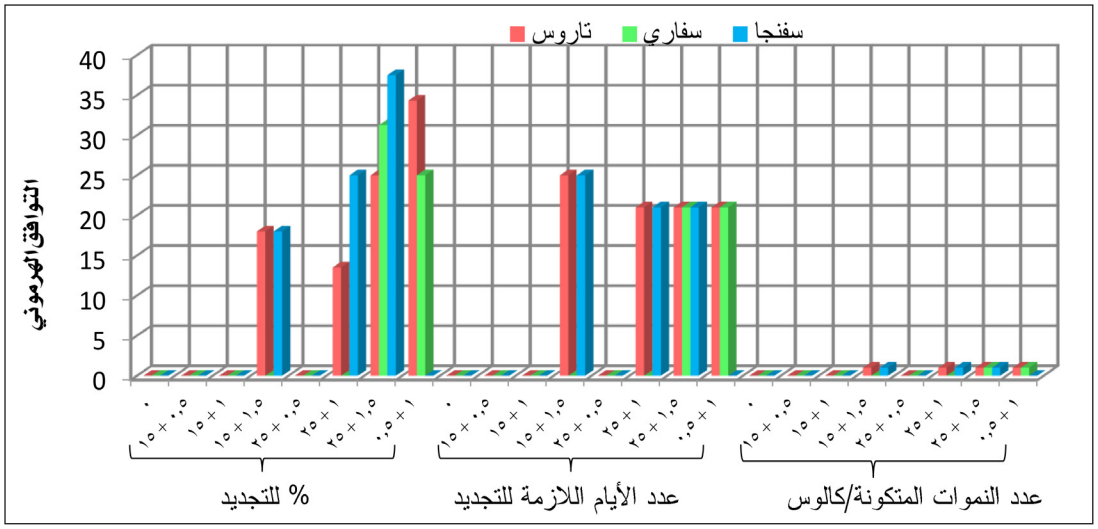
*MS = (Murashige and Skoog, 1962)

التحليل الإحصائي: تم تصميم التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD)؛ إذ نفذت التجربة بمعدل 3 مكررات لكل معاملة، يحتوي كل مكرر منها على 16 نباتًا، وكررت التجربة مرتين، وتم التحليل الإحصائي للقراءات باستخدام برنامج XLSTAT 2014، وطبقت مقارنة المتوسطات بتقدير أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 1%.

النتائج والمناقشة

إن الزيادة في تركيز NaCl تؤدي إلى انخفاض معدل النمو النسبي للكالس، ويمكن أن يعزى ذلك إلى التأثير السمي للشوارد المعدنية، بالإضافة إلى التأثير الحلولي والتأثير السلبي للملوحة في امتصاص الفوسفور(P) الضروري لبناء الأحماض النووية (Saif, 1988)، وبالتالي فإن للملوحة تأثيرًا مثبطًا على تشكيل الـ RNA وتقليل كميته وكذلك تقليل كمية الـ DNA، ولما كان الـ DNA مرتبطا ببناء البروتين فسيؤثر سلبًا في كمية الأحماض النووية ومن ثم كمية البروتينات البنائية مما يؤدي إلى تراجع معدل انقسام الخلايا والنمو(مغير، 1998)، كما يؤثر وجود تركيز مرتفع من أملاح الصوديوم سلبًا في حيوية الخلايا، ويعزى ذلك إلى التأثير السمي لكل من شاردتي الصوديوم (+Na)، والكلور (-Cl)، إضافةً إلى أن التركيز المرتفع من الأملاح المعدنية في وسط النمو يؤدي إلى تقليل الجهد الأسموزي، الأمر الذي يؤثر سلبًا في فرق التدرج في الجهد الأسموزي بين الخلايا والوسط المحيط، فيتراجع معدل امتصاص الماء، وبالتالي تخريب البروتوبلازم ضمن الخلايا النباتية Macobe (*et al*., 2006). سجلت ملاحظات التجديد بعد 21 يومًا من الزراعة، فتبين عدم وجود تجديد من كالس كل من السلاميات والعقد، وكان التجديد فقط من كالس الأوراق لكل من الأصناف المدروسة (سفنجا، تاروس، وسفاري)، وتتوافق نتائجنا مع نتائج Haque *et al*. (2009) الذين أثبتوا أن للجزء النباتي دورًا مهمًّا في استحداث الكالس؛ حيث كانت الأوراق أكثر كفاءة في تكوين الكالس (100 %) بينما المسافات العقدية أعطت (50 %)، وهذا يعود إلى النشاط الميرستيمي العالي في الأوراق بالمقارنة مع المسافات العقدية.

بيّنت النتائج أن أعلى نسبة للتجديد بلغت 37.50% في الصنف سفنجا تلاه الصنف سفاري 31.25 % وذلك عند الزراعة على الوسط المزود بـ 1.5 مغ/ ل BAP + 25 مغ/ ل سلفات الأدنين، في حين كانت النسبة الأعلى للتجديد في الصنف تاروس 34.33% عند زراعة الكالس على وسط MS المزود بـ 1 مغ/ ل BAP+ 0.5 مغ/ ل IAA، وبلغ عدد النموات المتجددة (نموًّا واحدًا) نمو / كالس في جميع الأصناف المدروسة وفي جميع المعاملات، وكانت المدة اللازمة للتجديد تتراوح بين 21 إلى 25 يومًا (الشكل 1). ويلاحظ من الجدول 2 عدم وجود فروق معنوية بين الأصناف في النسبة المئوية للتجديد؛ إذ بلغ متوسط التجديد في الصنف سفنجا 20.13% ، والصنف تاروس 22.71 %، بينما بلغت 14.06% في الصنف سفاري. وتتوافق النتائج مع Kumar and Marthur (2004) إذ لاحظا أن أفضل وسط لتجديد النباتات من كالس الأوراق كان الوسط MS المزود بـ 1.5 مغ/ ل BA و25 مغ/ ل سلفات الأدنين في صنفي البطاطا Kufri Chipsona 3 و MP-97/644 . وبيّن Zhao *et al*. (2010) أن نسبة تشكل النموات تتأثر بالمزائج الهرمونية المستخدمة وتركيزها في المزيج، والمادة الوراثية المدروسة، كما أن الـ BAP هو الهرمون الأكثر فعالية لتشجيع تشكيل النموات. ويعود السبب إلى أن السيتوكينينات توقف السيادة القمية وتشجع نمو البراعم الجانبية، وتحفز الانقسام والنمو العرضي لها، ويعزز وجود اتحاد من السيتوكينينات والأوكسينات تكون النموات ونموها في العديد من الأنواع (George, 1993). ويعد هرمون BAP من منظمات النمو القادرة على زيادة نسبة التجديد وهو من السيتوكينينات غير الطبيعية التي تحفز تمايز البراعم من الكالس (المعري، 1995). يؤدي سلفات الأدنين دورًا مهمًّا في تجديد النباتات من الكالس، ويعود ذلك لكونه محفزًا لانقسام الخلايا، كما يشارك في تنشيط البراعم الجانبية وكسر طور سكونها، ويحث على تشكيل البراعم العرضية وتشجيع تشكيل النموات منها (Gaspar *et al*., 2003)، وظهور تأثيرات سلفات الأدنين في تجديد الكالس تكون دائمًا مرتبطة بوجوده مع سيتوكينين آخر مثل (BAP) أو (K) kinetin كما ذكر VanStaden *et al*. (2008).



الشكل(1): تأثير منظم النمو الـ BAP مع كل من سلفات الأدنين وIAA في تجديد الكالس من الأوراق

تم الحصول على عدد كبير من السلالات من الكالس المجهد لأصناف البطاطا الثلاثة المدروسة لكن أغلبها كانت ضعيفة ولم تستمر في النمو وماتت، وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Kunakh (2013) إذ بيّن أن غالبية النباتات المتجددة تكون غير طبيعية وعادة ما يموت الكثير منها في المراحل المبكرة. تميزت جميع النبيتات المتجددة من الكالس المجهد باختلافها مورفولوجيًّا بشكل واضح عن النباتات الأم، وذلك من حيث طبيعة نموها؛ فبينما نمت النباتات الأم بشكل عمودي غير متفرع، أبدت السلالات الناتجة نموًّا متفرعًا بشكل كثيف، إضافة إلى صغر حجم الصفيحة الورقية فيها وقصر طول الساق وقلة ثخانتها، كما امتازت هذه السلالات بظهور أصبغة غير طبيعية على الأوراق والساق بلون أحمر.

إن تحريض عدم التمايز (في النباتات أي تشكيل الكالس) من أهم نتائجه التغير في الصفات المورفولوجية والوظيفية، إضافة إلى ذلك فإن الخلية في ظورف المخبر قد تفقد السيطرة على العوامل المترابطة التي توجه وتضبط أنشطة مختلف الأعضاء والأنسجة أو الخلايا كوحدة متكاملة (Kunakh, 2013).

ويمكن تفسير هذه الاختلافات المورفولوجية بين النباتات الأم والسلالات المتجددة بسبب تأثير بيئة زراعة الأنسجة التي قد تؤدي إلى تعديل أنماط الحمض النووي. بالإضافة إلى ذلك قد تترافق التغيرات الوراثية اللاجينية الناتجة عن تأثير هذه البيئة، مع الاستجابات الفيزيولوجية للخلايا النباتية للظروف في المخبر (Smulders and Klerk, 2011). وقد تمت دراسة العديد من الأنظمة الوراثية اللاجينية؛ كالتباين في الصفات المورفولوجية؛ مثل لون الزهرة والشكل، لون الورقة والشكل، ارتفاع النبات، ومقاومة المرض (Hammerschlag, 1992).

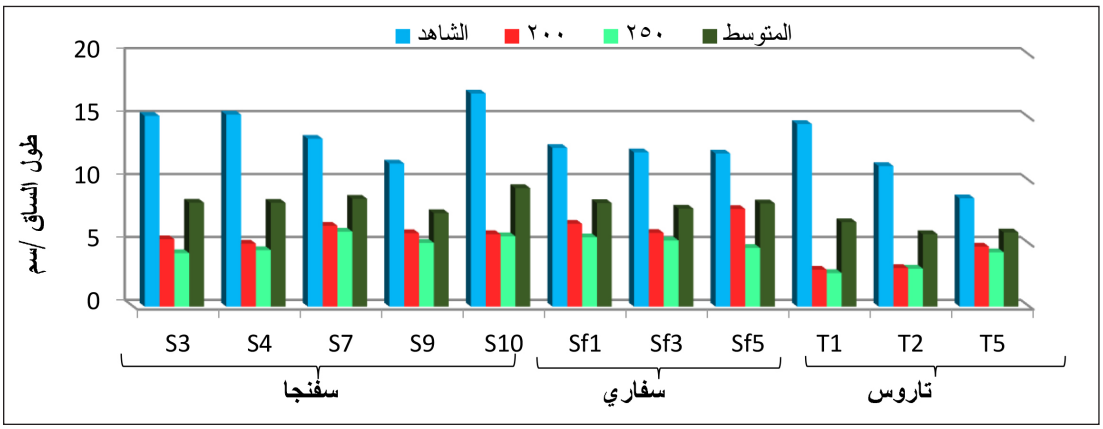
يمكن الكشف عن التغيرات الجسمية بسهولة عن طريق الخصائص المورفولوجية مثل التغير في طول النبات، مورفولوجيا الورقة، والتصبغ غير الطبيعي (Reuveni and Lahav, 1991). وتتفق نتائجنا مع ما توصل إليه Grenan (1992) إذ تمكن من الحصول على عدة أنواع من التغيرات المورفولوجية في النباتات المزروعة مخبريًّا من العنب، فكانت الأوراق أكثر خشونة مع ظهور كثيف للزغب الكثيف المنتصب على الوجه السفلي للورقة، إضافة لتلون الفروع بالأصبغة الأنتوسيانية.

إلى جانب التغيرات المورفولوجية الملاحظة في جميع النبيتات المتجددة، لوحظ قدرتها العالية على إنتاج الدرينات الصغيرة خاصة في السلالات المتجددة من الكالس المجهد للصنف سفنجا (S9, S10) وقد تراوح عددها بين (1 إلى 5 درينات / النبيتة الواحدة)، ويمكن أن يفسر ذلك بما بيّنه Hussey and Stacey (1984) بأن وجود السيتوكينينات وخاصة BAP في الوسط المغذي يشجع ويحفز تكوين الدرينات المخبرية، كما يحفز السيتوكينين نشاط بعض الأنزيمات في وقت مبكر من نمو الستولونات وهذا ربما يؤدي إلى سرعة نمو الستولونات وفي بدء تكوين الدرينات في وقت مبكر (Aafia and Javed, 2010).

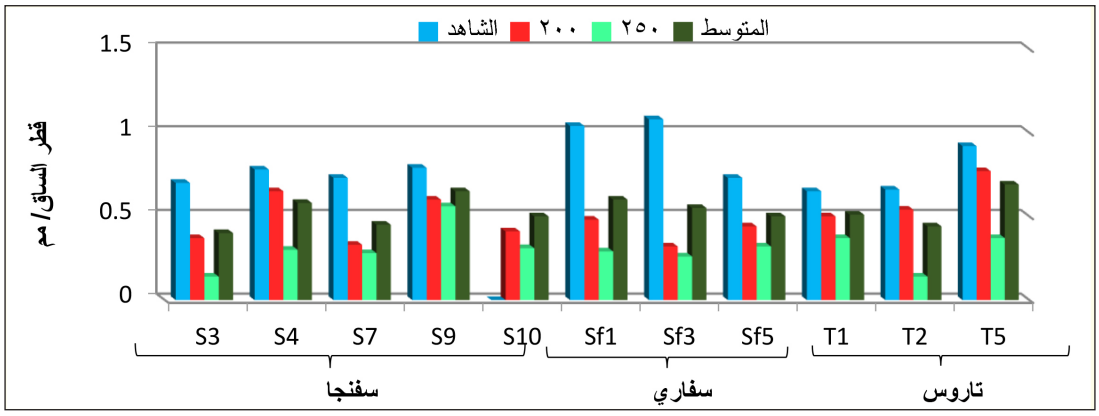
تأثير تركيز NaCl في مؤشرات النمو مخبرياً للنبيتات المتجددة: يبين الشكل 2 انخفاض طول ساق النبات مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم في وسط النمو في جميع السلالات المدروسة واختلاف تأثير المعاملات الملحية في قطر الساق حسب الصنف المدروس، وقد كان الانخفاض في طول وقطر الساق معنويًّا عند جميع تراكيز كلوريد الصوديوم بالمقارنة مع الشاهد. من حيث تأثير الصنف لم يلاحظ وجود فروق معنوية في متوسط طول الساق وقطرها في جميع السلالات المدروسة. تتوافق نتائجنا مع نتائج Mozafariyan *et al.* (2013) الذين بينوا وجود انخفاض في قطر ساق النبات في البندورة بوجود تراكيز مختلفة من NaCl، حيث فسر الانخفاض في طول وقطر الساق تحت ظروف الإجهاد إلى تثبيط استطالة الخلايا نتيجة زيادة الجهد المائي في المحلول المغذي، فيقل فرق التدرج في الجهد المائي بين الوسط وخلايا المجموعة الجذرية، ما يؤثر سلبًا في معدل تدفق الماء وامتصاصه من قبل المجموعة الجذرية، فتصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع ضغط الانتباج داخل الخلايا، مما يؤدي إلى تثبيط استطالتها، ومن ثمّ نمو السلامية (Adams, 1991).

ازدادت نسبة الانخفاض في طول النبات مع زيادة تركيز NaCl في وسط النمو وكان أقل نسبة انخفاض عن الشاهد عند التركيز 250 ميلليمول في سلالات الأصناف الثلاثة المدروسة سفنجا (السلالة S9) وسفاري (السلالة SF1) وتاروس (السلالة T5) (44.54، 43.65، 50.11%)، على التوالي)، أما بشأن لقطر الساق (الشكل 3) في الصنف سفنجا (السلالة S4) وسفاري (السلالة SF5) وتاروس (T1) (38.46، 43.84 و 56.92 %، على التوالي) فقد انخفضت المساحة الورقية انخفاضًا معنويًّا عند جميع تراكيز كلوريد الصوديوم المضافة إلى وسط النمو وذلك في كل السلالات المدروسة (الشكل 4).

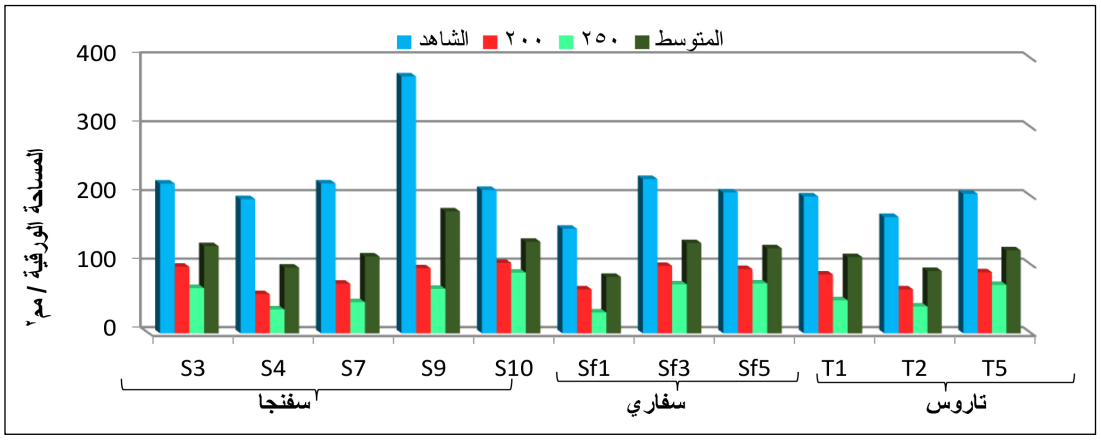
يشير (الشكل 5) أيضًا إلى انخفاض عدد الأوراق على النبات في الأصناف المدروسة بتأثير الإجهاد الملحي؛ حيث كان الانخفاض عن الشاهد معنويًّا عند جميع تراكيز كلوريد الصوديوم في كل السلالات المدروسة، ويلاحظ من (الشكل 4 والشكل 5) عدم وجود فروق معنوية بين السلالات في عدد الأوراق والمساحة الورقية، حيث يُعزى تراجع مساحة الورقة بازدياد تركيز الأملاح الذوّابة (شدة الإجهاد الملحي) إلى تراجع جهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق بسبب تراجع كمية المياه الممتصة عن طريق المجموعة الجذرية، مما يؤدي إلى تثبيط استطالة خلايا الأوراق وتوقف نموها (Munns and Termaat, 1986). انخفضت كل من المساحة الورقية وعدد الأوراق على النبات عن الشاهد مع زيادة تركيز NaCl في وسط النمو، وكانت أقل نسبة انخفاض عن الشاهد عند التركيز 250 ميلليمول في سلالات الأصناف الثلاثة المدروسة سفنجا (السلالة S10) وسفاري (السلالة SF5) وتاروس (السلالة T5) (42.31، 35.40 و34.69 %، على التوالي) بالنسبة للمساحة الورقية، أما بشأن عدد الأوراق في الصنف سفنجا (السلالة S3) وسفاري (السلالة SF1) وتاروس (T5) فكانت (70.61، 78.14 و 58.57%، على التوالي).



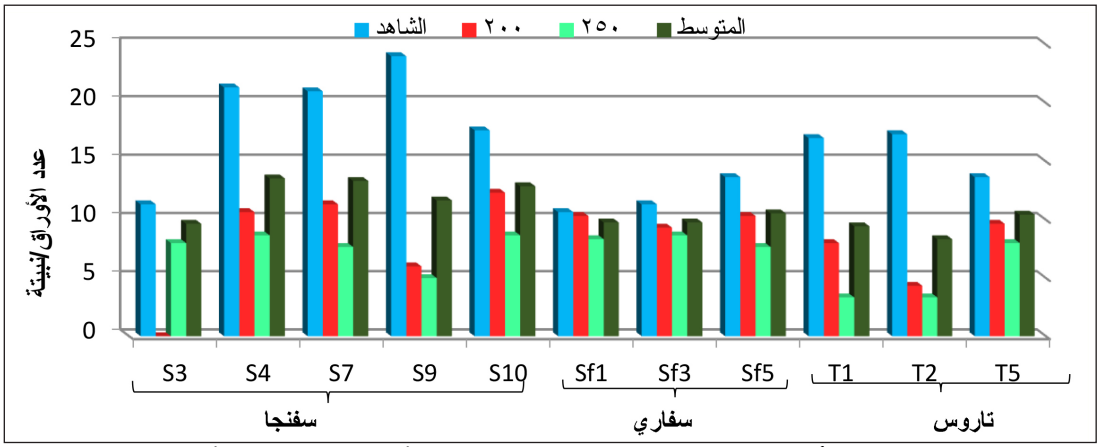
الشكل (2): تأثير معاملات الإجهاد الملحي في صفة طول الساق في ثلاثة أصناف من البطاطا المزروعة مخبريًّا بعد 30 يوما من الزراعة



الشكل (3): تأثير معاملات الإجهاد الملحي في صفة قطر الساق في ثلاثة أصناف من البطاطا المزروعة مخبريًا بعد 30 يوما من الزراعة



الشكل (4): تأثير معاملات الإجهاد الملحي في صفة المساحة الورقية في ثلاثة أصناف من البطاطا المزروعة مخبريًا بعد 30 يوما من الزراعة



الشكل (5): تأثير معاملات الإجهاد الملحي في صفة عدد الأوراق/ نبيتة في ثلاثة أصناف من البطاطا المزروعة مخبريًا بعد 30 يوما من الزراعة

تأثير تركيز NaCl في مؤشرات النمو الجذري مخبرياً للنبيتات المتجددة:

يبين الجدول (2) اختلاف طول جذور سلالات الأصناف المدروسة من حيث استجابتها للإجهاد الملحي، حيث انخفض طول الجذور المتكونة على النبيتات المتجددة معنويًّا مع زيادة شدة الإجهاد الملحي، وسجلت أدنى قيمة لطول الجذور في سلالات الصنف سفنجا عند السلالة (S9) في معاملات الإجهاد وفي الصنف سفاري عند السلالة (SF3)، بينما في الصنف تاروس عند

السلالة (T1). تعمل الملوحة على تثبيط النمو نتيجة تراجع ضغط امتلاء الخلايا (حداد وعبيد، 2009)، ويعزى ذلك لنقص وصول الماء إلى الأنسجة النامية نظرًا إلى عدم قدرة الجذور على النمو وامتصاص الماء والأملاح المعدنية بسبب نقص التدرج في الجهد الأسموزي في أنسجة النبات، مما يؤثر سلبًا في جميع العمليات الحيوية والفيزيولوجية والاستقلابية (Kang *et al.*, 2004). يلاحظ من الجدول (2) اختلاف عدد جذور سلالات الأصناف المدروسة فيما بينها بحسب استجابتها للإجهاد الملحي؛ حيث انخفض عدد الجذور المتكونة على النبات الواحد معنويًا مع زيادة شدة الإجهاد الملحي، وسجلت أدنى قيمة لطول الجذور في الصنف سفنجا في السلالة S4 في معاملات الإجهاد، وفي الصنف سفاري في السلالة SF1، أما في الصنف تاروس في السلالة T2. بيّنت العديد من الدراسات أن استجابة النبات للإجهاد الملحي تبدأ بتغيرات شكلية وفيزيولوجية في الجذور وهذا سيؤدي إلى تغيرات في امتصاص الماء والأملاح المعدنية وإنتاج الهرمونات المسؤولة عن إرسال الإشارات إلى المجموع الخضري، عندها تتأثر كامل العمليات الفيزيولوجية في النبات (Rahman *et al.*, 2002). وأشار Rzepka-Plevnes *et al.* (2008) أن مقدرة النبات على تجنب أي إجهاد بيئي غير مرغوب تتعلق بمدى مقدرة جذوره على التطور تحت تأثير هذا الإجهاد. انخفض طول الجذور على النبات عند جميع تراكيز NaCl المدروسة، وكانت أقل نسبة انخفاض عن الشاهد عند التركيز 250 ميلليمول في الصنف سفنجا (السلالة S3)، وسفاري (السلالة SF3) وتاروس (السلالة T1) (6.25، 6.66 و 10.22%، على التوالي)، أما بشأن عدد الجذور في الصنف سفنجا (السلالة S9) وسفاري (السلالة SF5) وتاروس (T2) (9.91، 29.28، 42.86%، على التوالي) فيلاحظ من الجدول (2) وجود انخفاض معنوي في الوزن الرطب في سلالات الأصناف المدروسة عند جميع تراكيز NaCl مقارنة بالشاهد، حيث كانت أدنى قيمة للوزن الرطب في الصنف سفنجا في السلالة S4 في معاملات الإجهاد، وفي الصنف سفاري في السلالة SF3 ، بينما في الصنف تاروس في السلالة T2 ، ويعود الانخفاض في الوزن الرطب للنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي من خلال انخفاض معظم مؤشرات النمو (طول النبات، قطر الساق، عدد الأوراق)، وكذلك يعود الانخفاض في الوزن الرطب إلى مجموعة من العوامل منها انخفاض كمية الماء المتاحة في النبات وتراكم أيونات الصوديوم في الأوراق (Sharifi *et al.*, 2007).

يمكن تفسير الانخفاض في الوزن الرطب للنباتات تحت ظروف الإجهاد الملحي من خلال انخفاض معظم مؤشرات النمو (طول النباتات وقطر الساق وعدد الأوراق والمساحة الورقية)، وكذلك يعود الانخفاض في الوزن الرطب إلى مجموعة من العوامل منها انخفاض كمية الماء المتاحة في النبات وتراكم أيونات الصوديوم في الأوراق (Sharifi *et al.*, 2007). كما يلاحظ من الجدول (2) انخفاض الوزن الجاف بشكل عام في جميع السلالات للأصناف المدروسة مع زيادة شدة الإجهاد الملحي؛ إذ يؤثر وجود تركيز مرتفع من شوارد الكلور على امتصاص العديد من الشوارد المعدنية الموجبة مثل K^+، Ca^{+2}، Mg^{+2} والسالبة مثل النترات $NO3^-$ بسبب التأثير التضادي بين الشوارد المعدنية، ما قد يؤثر سلبًا في معدل انقسام خلايا أنسجة الساق النباتية واستطالتها وبالتالي تقليل المسافة بين الطوابق الورقية، فيأخذ النبات شكل الوردة المنضغطة Rosette type ونتيجة لذلك تقل فرصة وصول كمية كافية من الضوء اللازمة لعملية التمثيل الضوئي وخاصةً في الأوراق السفلية، مما يؤثر سلبًا في كفاءتها في استخدام الضوء لاحقًا وفي كفاءتها في استخدام الماء بسبب اقتصار دورها على النتح دون تصنيع المادة الجافة (Yin *et al.*, 1989). ازدادت نسبة انخفاض الوزنين الرطب والجاف عن الشاهد مع زيادة تركيز NaCl في وسط النمو، وكانت أقل نسبة انخفاض عن الشاهد عند التركيز 250 ميلليمول في الصنف سفنجا (السلالة S3) (20.93، 14.29 %، على التوالي)، والسلالة (SF1) من الصنف سفاري (17.07، 16.67 %، على التوالي)، والسلالة (T1) من الصنف تاروس (28.20، 16.25 %، على التوالي).

من كل ما تقدم يتبين تفوق السلالات المتجددة من الكالس المجهد في جميع المؤشرات المدروسة على النبات الأم من حيث قدرتها على تحمل تراكيز أعلى من كلوريد الصوديوم NaCl (200، 250 ميلليمول).

جدول (2): تأثير معاملات الإجهاد الملحي في مؤشرات النمو الجذري لأصناف البطاطا المزروعة مخبريًّا بعد 30 يوم من الزراعة

صنف البطاطا	السلالة	المعاملة	طول الجذور (سم)	عدد الجذور / نبيته	الوزن الرطب للنبيتة (غ)	الوزن الجاف للنبيتة (غ)
سفنجا	S3	الشاهد	6.43^{f}	6.66^{fg}	0.43^{ef}	0.07^{d}
		200	0.93^{hij}	3.33^{hijkl}	0.16^{lmno}	0.013^{e}
		250	0.10^{kl}	0.66^{lm}	0.09^{o}	0.01^{e}
		المتوسط	2.48^{A}	3.55^{AB}	0.22^{B}	0.03^{A}
	S4	الشاهد	7.10^{ef}	25.00^{a}	2.57^{a}	0.31^{a}
		200	1.13^{hij}	3.00^{ijklm}	0.27^{hij}	0.03^{e}
		250	0.13^{kl}	1.33^{klm}	0.14^{mno}	0.02^{e}
		المتوسط	2.78^{A}	9.77^{AB}	0.99^{A}	0.12^{A}
	S7	الشاهد	11.00^{b}	17.00^{cd}	1.26^{c}	0.15^{c}
		200	0.76^{ijk}	4.00^{ghijk}	0.21^{jklm}	0.02^{e}
		250	0.10^{kl}	1.00^{lm}	0.16^{lmno}	0.013^{e}
		المتوسط	3.95^{A}	7.33^{AB}	0.54^{AB}	0.06^{A}
	S9	الشاهد	7.91^{cd}	11.33^{e}	0.94^{d}	0.15^{c}
		200	0.15^{kl}	2.00^{klm}	0.23^{ijkl}	0.02^{e}
		250	0.03^{l}	0.33^{m}	0.18^{klmn}	0.016^{e}
		المتوسط	2.7^{A}	4.55^{AB}	0.45^{AB}	0.06^{A}
	S10	الشاهد	10.56^{b}	21.66^{b}	1.58^{b}	0.21^{b}
		200	1.05^{hij}	5.00^{fghij}	0.24^{ijk}	0.02^{e}
		250	0.66^{ijkl}	2.00^{klm}	0.16^{lmno}	0.013^{e}
		المتوسط	4.09^{A}	9.55^{AB}	0.66^{AB}	0.08^{A}
سفاري	Sf1	الشاهد	15.83^{a}	11.66^{e}	1.23^{c}	0.12^{c}
		200	0.82^{ij}	2.33^{jklm}	0.32^{gh}	0.03^{e}
		250	0.50^{ijkl}	1.33^{klm}	0.21^{jklm}	0.02^{e}
		المتوسط	5.72^{A}	5.11^{AB}	0.59^{AB}	0.06^{A}
	Sf3	الشاهد	11.23^{b}	19.33^{bc}	1.56^{b}	0.21^{b}
		200	0.90^{ij}	7.66^{f}	0.22^{jklm}	0.02^{e}
		250	0.63^{ijkl}	5.66^{fghi}	0.11^{no}	0.01^{e}
		المتوسط	4.25^{A}	10.88^{A}	0.63^{AB}	0.08^{A}
	Sf5	الشاهد	8.41^{c}	14.66^{d}	1.62^{b}	0.14^{c}
		200	0.96^{hij}	2.66^{jklm}	0.03^{hi}	0.03^{e}
		250	0.56^{ijkl}	2.33^{jklm}	0.22^{jklm}	0.02^{e}
		المتوسط	3.31^{A}	6.55^{AB}	0.71^{AB}	0.06^{A}
تاروس	T1	الشاهد	4.60^{g}	7.00^{f}	0.39^{fg}	0.08^{d}
		200	1.15^{hi}	3.00^{ijklm}	0.15^{mno}	0.02^{e}
		250	0.47^{jkl}	3.00^{ijklm}	0.11^{no}	0.013^{e}
		المتوسط	2.07^{A}	4.33^{AB}	0.22^{B}	0.04^{A}
	T2	الشاهد	7.16^{e}	6.00^{fgh}	0.48^{e}	0.08^{d}
		200	0.13^{kl}	0.33^{m}	0.11^{no}	0.01^{e}
		250	0.06^{l}	0.33^{m}	0.09^{o}	0.01^{e}
		المتوسط	2.45^{A}	2.22^{0B}	0.23^{B}	0.04^{A}
	T5	الشاهد	7.51^{de}	11.66^{e}	0.50^{e}	0.12^{c}
		200	1.60^{h}	5.66^{fghi}	0.26^{hijk}	0.02^{e}
		250	0.60^{ijkl}	1.00^{lm}	0.25^{hijk}	0.02^{e}
		المتوسط	3.23^{A}	6.11^{AB}	0.34^{AB}	0.06^{A}
LSD		التداخل	0.67	2.76	0.07	0.03
		الصنف	7.95	0.70	0.093	

النتائج المعروضة هي متوسط تكرار التجربة مرتين. يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية $P<0.01$.

ويتم الآن العمل على إكثار السلالات المتجددة من الأصناف المدروسة، إذ قسّمت النباتات الناتجة إلى عقل صغيرة بطول 1-1.5 سم تحتوي برعمًا جانبيًّا مع ورقة، وزرعت في وسط MS للحصول على الكمية الكافية من المادة النباتية اللازمة لإجراء الاختبارات الوراثية اللازمة للكشف عن التباين الوراثي بين السلالات المتجددة والنبات الأم. مع العلم أن جميع المعلومات الواردة في هذا البحث هي جزء من رسالتي التي أعددتها للحصول على درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية وستتم مناقشتها في كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كلية الزراعة في جامعة دمشق، والهيئة العامة للتقانة الحيوية، على تمويل ودعم هذا البحث، وإلى سعادة الأستاذ الدكتور خليل المعري – قسم علوم البستنة- جامعة دمشق، والدكتور فهد البيسكي الباحث في الهيئة العامة للتقانة الحيوية على حُسن إشرافهما ومساعداتهم المثمرة في تزويدنا بالمعلومات اللازمة لإتمام البحث.

المراجع

بوراس، متيادي، وأبو ترابي، بسام، والبسيط، إبراهيم. 2006. إنتاج محاصيل الخضر «الجزء النظري». بدون رقم طبعة، جامعة دمشق، سوريا.

حداد، سهيل، وعبيد، حسان. 2009. الأمراض البيئية والفيزيولوجية للحاصلات البستانية «الجزء النظري». بدون رقم طبعة، منشورات كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، سوريا.

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2016. قسم الإحصاء، وزارة الزراعة، مديرية الاقتصاد الزراعي، الجمهورية العربية السورية.

المعري، خليل. 1995. إكثار النخيل بزراعة الأنسجة النباتية. بدون رقم طبعة، جامعة الملك فيصل، السعودية.

مغير، عباس حسين. 1998. تأثير الملوحة والكاينتين في محتوى أوراق الذرة الصفراء (Zea *mays* L.) من الأحماض النووية. مجلة جامعة بابل، العراق، المجلد (3) العدد (3)، ص ص 341-346.

Aafia, A., and Javed, I. 2010. Combined effect of cytokinin and sucrose on *In Vitro* tuberization parameters of two cultivars i.e., Diamant and Red Norland of potato (*Solanum Tuberosum*). Pakistan Journal of Botany. 42(2): 1093-1102.

Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. Journal of horticulture science. 66: 201-207.

Beloualy, N., and Bouharmont, J. 1992. NaCl tolerant plants of *Poncirus trifoliate* regenerated from tolerant cell lines. Theoretical and Applied Genetics. 83: 509-514.

Gaspar, T., Kevers, C., Faivre-Rampant, O., Crevecoeur, M., Penel, C. L., Greppin, H., and Dommes, J. 2003. Changing concepts in plant hormone action. *In Vitro* Cellular and Developmental Biology - Plant. 39: 85-106.

George, E. F. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture (2nd. Ed). Part I: The Technology. Exegetics Limited: Wilts: England.

Grenan, S. 1992. Micropropagation in grapevine (*Vitis vinifera*). *In:* Bajaj, Y. P. S.,(Ed.) Biotechnology in Agriculture and Forestry. HighTech and Micropropagation II. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Hammerschlag, F. A.1992. Somaclonal variation. Biotechnology of Perennial Fruit Crops. CAB international. PP35-56.

Haque, A. U., Samad, M. A., and Shapla, T. L .2009. *In vitro* callus initiation and regeneration of potato. Bangladesh Journal of Agricultural Research. 34(3):449-456.

Hussey, G., and Stacey, N. J. 1984. Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). Annals of Botany. 53: 565-578

Kaeppler, S. M., Kaepler, H. F., and Rhee, Y. 2000. Epigenetic aspects of somaclonal variation in plants. Plant Molecular Biology. 43: 179-188.

Kang, S., and Zhang, J. 2004.Controlled alternate partial root-zone irrigation: Its physiological consequences and impact on water use efficiency. Journal of Experimental Botany. 55 (407):2437-2446.

Nistor, A., Gh, C., Nicoleta, C., and Diana, K. 2009. Effect of auxine and cytokinine on callus induction in potato (*Solanum tuberosum* L.) explants. Agricultura Revista de Stiinta si Practica Agricola. 1-2: 69-70.

Ochatt, S. J., Marconi, P. L., Radice, S., Arnozis, P. A., and Caso, O. H. 1999. *In vitro* recurrent selection of potato: Production and characterization of salt tolerant cell lines and plants. Plant cell, Tissue and Organ culture. 55(1):1-8.

Queiros, F., Fidalgo, F., Santos, I., and Salema, R. 2007. *In vitro* selection of salt-tolerant cell lines in *Solanum tuberosum* L. Biologia Plantarum. 51: 728-734.

Rahman, S. M. L., Mackay, W. A., Quebedeaux, B., Nawataand, E., and Sakuratani, T. 2002. Superoxide dismutase, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought sensitive tomato cultivars. Subtropical Plant Science Journal, 54: 16-22.

Reuveni, O., and Lahav, E. 1991. Aspects of somaclonal variations in banana propagated by *in vitro* techniques. Scientia Horticulturae. 48:71-88.

Rzepka-Plevnes, D., Kulpa, D., Smolik, M., and Główka, M. 2008. Somaclonal variation in tomato *L. Pennelli* and *L. Peruvianum* f. *glandulosum* characterized in respect to salt tolerance. JFAE, 5(2): 194-201.

Saif, H. A. 1988. The effect of salinity and radiation on some cellular contents and water relation in callus of four wheat *Triticum spp.* Cultivars cultured *in vitro*. Master thesis, Baghdad University. IAEA-TECDOC. 1227: 61-68.

Senaratna, T., Merrit, D., Dixon, K., Bunn, E., Touchell, D., and Sivasithamparam, K. 2003. Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. Plant Growth.39: 77-81.

Sharifi, M. S., Ghorbanli, M., and Ebrahimzadeh, H. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal. 164: 1144-115.

Katerji, N., van Hoorn, J. W., Hamdy, A., and Mastrorilli, M. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. Agricultural Water Management Journal. 62: 37-66.

Kumar, P.S., and Mathur, V. L. 2004. Chromosomal instability is callus culture of *Pisum sativum*. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 78: 267-271.

Kunakh, V. A. 2013**.** Evolution of cell populations *in vitro*: peculiarities, driving forces, mechanisms and consequences. Biopolymers and Cell. P. 295–310.

Larkin, P. J., and Scowcroft, W. R. 1981. Somaclonal variation – a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. Theoretical and Applied Genetics. 60: 197-214.

Li, S. N., and Heszky, L. E. 1986. Testing of salt (NaCl) tolerance and regeneration in callus culture (n, 2n) of rice. *In:* Horn, W. Jensen, J.C. Odenbach, W., and Schieder, O. (Eds.), Genetic Manipulation in Plant Breeding. Walter de Gruyter and Corporation, Berlin, New York, pp. 617-619.

Macobe, M. N., Khangi, E., Mirsaand, M., and Imbuga, M. O. 2006. Development of hardy sorghum cultivars for the arid and semi-arid regions. African Crop Journal. 14(4): 297-309.

Martinez, C.A., Maestri, M., and Lani, E. G. 1996. *In vitro* salt tolerance and proline accumulation in Andean Potato (*Solanum* spp.) differing in frost resistance. Plant Science 116: 177-184.

Mozafariyan, M., Saghafi, K., Bayat, A. E., and Bakhtiari, S. 2013. The effects of different sodium chloride concentrations on the growth and photosynthesis parameters of tomato (*Lycopersicum esculentum* cv. Foria). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6(4): 203-207.

Munns, R., and Termaat, A. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian journal of plant physiology. 13: 143-160.

Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum. 15(3): 473-497.

VanStaden, J., Zazimalova, E., and George, E. F. 2008. Plant growth regulators II: Cytokinins, their analogues and antagonist. *In:* George, E.F., Hall, M., and De Kleck, G.J. (Eds.) Plant Propagation by Tissue Culture. vol 1. The Background. Springer, The Netherlands: 205-226.

Xin, X., Lammeren, A. M., Vermeer, E., and Vreughdenhil, D. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. Plant Physiol. 117: 575-584.

Yin, M. J., Sun, J. J., and Liu, C.S. 1989. Contents and distribution of chloride and effects of irrigation water of different chloride levels on crops. Soil Fert. 1: 3-7.

Zhao, L., Liu, L., and Song, S. 2010. Optimization of callus induction and plant regeneration from germinating seeds of sweet sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*). African Journal of Bioechnology. 9(6): 2367-2374.

Shirin, F., Hossain, M., Kabir, M. F., Roy, M., and Sarker, S. R. 2007. Callus induction and plant regeneration from internodal and leaf explants of potato (*Solanum tuberosum L.*) cultivars. World Journal of Agricultural Sciences. 3: 1-6.

Skirvin, R.M. and J. Janick. 1976. Tissue culture-induced variation in scented *Pelargonium spp*. Journal of the American Society for Horticultural Science. 101: 281-290.

Smith, F. D. M., May, R. M. Pellew, R., Johnson, T. H., and Walter, K. S. 1993. Estimating extinction rates. Nature 364: 494–496.

Smulders, M. J. M., and de Klerk, G. J. 2011. Epigenetics in plant tissue culture. Plant Growth Regulation. 63: 137-146.

Cha-um, S., Ulziibat, B., and Kirdmanee, C. 2010. Effects of temperature and relative humidity during in vitro acclimatization, on physiological changes and growth characters of Phalaenopsis adapted to *in vivo*. Australian Journal of Crop Science 4(9):750-756.

Line Regeneration from Stressed Callus in Three Potato (*Solanum tuberosum* L) Varieties and Evaluation of Their Salinity Tolerance

Rima Massa[1], Fahed Al-Biski[2], Khalil Al-Maarri[1]

(1) Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Damascus, Damascus, P., Syria.
(2) National Commission for Biotechnology (NCBT), Damascus, Syria.

Received 8 April 2018 - Accepted 13 October 2018

https://doi.org/10.37575/b/agr/2043

ABSTRACT

Salt stress is one of the major abiotic stresses in Syria that limits potato production. This research was carried out in the laboratories of National Commission for Biotechnology and Faculty of Agriculture (Damascus). It aimed to study the effect of salt stress on the changes in some growth parameters (plant length and diameter, leaf area, number of leaves, number and length of roots, plus wet and dry weight) in regenerated plantlets of stressed callus of three *In vitro* Potato varieties (Taurus, Safari and Sfinja).

The highest regeneration percentage was recorded in Sfinja cultivar (37.50 %) , Safari (31.25 %) that were treated with MS media containing 1.5 mgl^{-1} BAP+ 25 mgl^{-1} adenine sulphate, while it was (34.33 %) in Taurus cultivar with MS media containing 1mgl^{-1} BAP + 0.5 mgl^{-1} IAA. The Line (S9) was the best line of the Sfinja cultivar in plant height and number of roots, while the line (SF5) was the most superior line of the Safari cultivar in plant diameter, leaf area, and roots number). The line (T1) exceeded the other lines of the Taurus cultivar in root length, wet, and dry weights. The research suggests continuing work to study the degree of genetic variance between the studied varieties and their regenerated genotypes using ISSR, and Study their behavior *in vivo* under the salt stress.

Key Words: Callus, Potato, Regeneration, Salinity stress.

سمات الذوق العام في التصميم الداخلي للدور السكنية المعاصرة في مملكة البحرين

عدي علي الجبوري
قسم التصميم والفنون، جامعة العلوم التطبيقية، مملكة البحرين

https://doi.org/10.37575/b/eng/2018

الملخص
لا تزال العمارة تحفز الذوق وحواسه جنبًا إلى جنب مع حاسة الإبصار؛ إذ يعمل الذوق موجهًا لسلوكيات الفرد اعتمادًا على مرجعية معينة تقع في البنية الذهنية له؛ لذلك فالذوق يتوسط بين العلاقات الموضوعية والسلوكيات الفردية، ولأنه كذلك فهو يضفي الشرعية على الترتيبات والتمايز (الطبقي، الرمزي، الثقافي) دون حدوث أي صدام ظاهري بين الطبقات. على الرغم من أن تميز الذوق هو متناقض بطبيعته، لكن له ميزة التوفيق بين أي تباعد بين التفضيلات الآنية (المودة/ الموضة) والنتاج الذي ينظر إليه حقا كجزء من ذوق بارز. من هنا فان هذا البحث يناقش سمات الذوق العام للتصميم الداخلي للدور السكنية المعاصرة في مملكة البحرين بهدف الكشف عن أبرز السمات التي تشكل الذائقة العامة في التصميم الداخلي وصولا إلى تحديد الفروقات الذوقية بين التصاميم التي تُنجَز من قبل الأفراد، والأخرى التي تُنجَز من قبل شركات التطوير العقاري. وقد توصل البحث بعد إجراء مسح ميداني لـ (42) مسكنًا من مناطق مختلفة في مملكة البحرين وتحليلها إلى تحديد فروقات جوهرية فيما بين الاثنين؛ حيث أدت العلاقة مع الماضي دورًا محوريًّا في هذا التمايز. وأوصى البحث بالإفادة من نتائجه في المحافظة على الهوية المحلية وتعزيز الفرص التجارية لشركات التطوير العقاري.

الكلمات المفتاحية: الذوق المعماري، سجية، عمارة داخلية.

المقدمة

إن المجتمع البحريني بانفتاحه على العالم كان عرضة لمؤثرات ثقافية مختلفة أسهمت في تنوع النتاج المعماري والتصميم الداخلي في المملكة؛ حيث تشكل الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي قناة يستخدمها الناس للتعبير الثقافي (الرمزي). فكل إنسان في العادة يطمح لبناء منزلٍ وتشكيل بيئة داخلية ذات مغزى، معبرة عن ذوقه ورؤيته الجمالية بغض النظر عن الوضع الاجتماعي والاقتصادي الذي يحيط به، كما أدت شركات التطوير العقاري في مملكة البحرين من خلال استثماراتها الواسعة في تشييد الدور السكنية دورًا في ذلك. لكن يبقى السؤال الرئيس، هل مساهمات هذه الشركات كانت تنسجم مع الذوق العام البحريني فيما يتعلق بالتصميم الداخلي للدور السكنية؟ وما سمات هذا الذوق؟ وما العوامل المؤثرة في تشكيله؟ هذه الأسئلة هي شكلت دافعًا للقيام بهذا البحث.

أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في مساهمته في فهم سمات الذوق العام المعاصر في التصاميم الداخلية للدور السكنية؛ حيث إن هذه الصفات التي تجمع أذواق أفراد هذا المجتمع لا تزال غير مدروسة في المجتمع البحريني على الرغم من وجود دراسات تناولت المساكن وتصميمها بشكل عام، إلا أنها لم تتطرق للتصميم الداخلي أيضا إلا بشكل عام، كما في دراسة Fuccaro (2000) حول عمارة البحرين وتاريخها، ودراسة والي (1992) «نهج البواطن لعمارة المساكن» التي تحدثت عن العلاقة بين عمارة المسكن البحريني وتأثيرات البيئة والثقافة والتداول الحضاري في تشكيلها، وركزت على موضوع الفناء الداخلي. وفي دراسة والي (1990) حول مدينة المحرق، وعنوانها: «المحرق .. عمران مدينة خليجية» وركزت بشكل أكبر على المساكن التراثية للمدينة بوصفها جزءًا من مفردات اللغة العمرانية. بينما ركزت دراسة المحاري (2017) وعنوانها «حفظ المباني التاريخية» على مواد البناء وتقنيات الإنشاء وأساليب الحفاظ على المباني التراثية في مملكة البحرين.

الهدف من البحث

هدف البحث إلى الوقوف على سمات الذوق العام للتصميم الداخلي للدور السكنية في مملكة البحرين، ومعرفة مدى مناسبة ما تصممه شركات التطوير العقاري من دور سكنية لذائقة المجتمع البحريني. ولتحقيق ذلك سعى البحث لبناء إطار نظري واضح وشامل لمفهوم الذوق العام في التصميم الداخلي، يُتيح تحديد أبرز العوامل المؤثرة على تشكيل الذوق العام وصولاً إلى أهم المؤشرات

التي يتم على أساسها تحديد السمات الذوقية للتصميم الداخلي. ثم ينتقل البحث إلى تطبيق هذا الإطار على عينة من التصاميم الداخلية للدور السكنية في مملكة البحرين التي يقوم بها الأفراد وشركات التطوير العقاري لتحديد خصوصية كل منها. ويشير Hancock (1998) إلى أن منهجية دراسة الحالة المتعددة تقدم ثراءً معرفيًّا لا تقدمها أية وسيلة أخرى، ويمكنها أن توضح كيف يمكن لمجموعة معقدة من الظروف أن تجتمع لإنتاج مظهر معين. وقد جُمعت البيانات لغرض تحليلها عبر المسح الميداني لشريحة من التصاميم الداخلية للدور السكنية المعاصرة (أنشئت من بعد عام 1990)، ومن مختلف محافظات مملكة البحرين.

الذوق والتذوق الجمالي

الذوق هو مَلكة الروح التي تتنبه إلى مظاهر الجمال وتستجيب لها من خلال السرور، وتتنبه إلى مظاهر عدم الاكتمال، وتستجيب لها من خلال الكراهية أو عدم التفضيل (عبد الحميد، 2001). ويدل مصطلح الذَّوق العامّ على مجموعة تجارب الإنسان التي يُفسِّر على ضوئها ما يُحسّه أو يُدركه من الأشياء (عمر، 2008). لقد شغل مصطلح الذوق الفلاسفة والمفكرين منذ أفلاطون، فكانت كتابات Kant عن الأحكام الذوقية، و Hume حول قواعد الذوق، بينما تناولت كتابات Herbert Read و Peaceck و Eric Newton الحديث عن آليات التذوق وأدواته الحسية. ويعد Burke من أبرز ما كتب في هذا المجال من ناحية فلسفية جمالية، فوفقا لـ Burke يُمثل الذوق على أنه حكم الجمال المعصوم، وهو المَلكة العقلية التي نحكم من خلالها على قيم الفنون ومنتجات الخيال التي تعود في أصلها إلى الحواس التي ندرك بها ما يحيط بنا في العالم الخارجي (إسحق، 1947، 107).

إذ يُمثل التذوق الجمالي القدرة على تمييز الشيء الجميل من الشيء العادي، أو القدرة على استنباط كل ما هو جميل في الفن أو الطبيعة، أو نمو حساسية الفرد بحيث يستطيع أن يستجيب لأنواع مختلفة من العلاقات. ويشير ماير إلى أنه نمط مركب من السلوك يتطلب في جوهره إصدار أحكام على قيمة شيء أو فكرة موضوع من الناحية الجمالية (أبو حطب، 1973). وشاغل الفضاء الداخلي بوصفه متلقى له ومن خلال رغبته في أن يتخذ من التصميم موضوعا قيما، يقوم بإصدار حكمه عليه بوصفه مسعى عقلانيا جادًا للمصمم (نوبلر، 1987)، وهكذا فإن تجربة التذوق تترجم كإشارة في العقل من خلال تقويم عميق (Scruton, 1979). فالذوق هو ناتج عن تفاعل المنطق (بوصفه مَلكة عقلية) وما هو مكتسب من البيئة المحيطة بالشخص (بوصفة حاسة معنوية) يُستخدم للحكم على المحيط الذي يتفاعل الإنسان ضمنه، ويحدد ما يفضله استنادا إليه، فهو يمزج بين الإحساس بالمتعة والرضا.

الذوق والمجتمع / كسجيّة (مَلَكة)

يشير Pierre Bourdieu عالم الاجتماع والفيلسوف الفرنسي إلى أن السجايا (habitus) تكتسب منذ الطفولة؛ لذلك فهي تتسم بالديمومة (Bourdieu, 1990) (Turner and Edmunds, 2002)، وهي ضرورة داخلية تتحول إلى تصرف يولد ممارسات ذات مغزى ويمنح معنى للمفاهيم، وهي تشكل العلاقة بين قدرتين: القدرة على إنتاج الممارسات والأعمال القابلة للتصنيف، والقدرة على التفريق بين هذه الممارسات والمنتجات (أي الذوق). فالذوق بوصفه السجيّة habitus، بحسب بورديو، أو أسلوب حياة النخبة الثقافية، هو تصنيف، وهو يُصنف المُصنِف ذاته، فالذوق لديه الميل والقدرة ماديا ورمزيا على وضع درجات للتصنيف ثم يصنف فئة معينة من الأشياء والممارسات (Bourdieu, 1984). حيث يُعد التمييز بين الثقافة العالية والمنخفضة واحدًا من التصنيفات الحديثة الأكثر انتشارًا للأذواق ذات المصداقية العالية. فالمجتمع يُصنف إلى ثلاثة هيئات مرتفعة highbrow ومتوسطة middlebrow ومنخفضة Lowbrow؛ فالمرتفعة هي سمة للطبقة المسيطرة أو البرجوازية، والمتوسطة هي سمة لذوق ثقافة متوسطة تتكون من الطبقة الوسطى من البرجوازية الصغيرة، والمنخفضة أو «الذوق الشعبي» هي سمة لتلك التي في أدني مستوى لها، ثقافياً أو اقتصادياً. ويضيف بورديو أن هذه التسمية لا تُشير ببساطة إلى أهمية اجتماعية أو جمالية تقسم الناس إلى فئات وأصناف، ولكن هي ليست سوى تمثيل للذوق الحقيقي (Bourdieu, 1990). هذه الفئات الذوقية هي مجموعات من الأشكال الثقافية واضحة في الفن، والترفيه، والهندسة المعمارية، والسلع الاستهلاكية وغيرها التي تجسد

قيما مماثلة ومعايير جمالية (Gans, 1996). فالذوق ينظر إليه على أنه أداة للتصنيف يستخدمها المجتمع لتصنيف ما هو جيد وسيء، مرتفع ومتدنٍ، والذي بدوره يصبح أداة لتصنيف المجتمع أو تقسيمه إلى فئات أو مستويات.

الذوق والعمارة

لقد تم النظر إلى الذوق من قبل الأشخاص الذين تبنوا مفهوم الأحكام الذوقية على أن له دور القواعد في العمارة، واعتبروا أن مجرد المساس بها أو البناء بشكل مغاير عنها مؤشر لسوء الأدب والسلوك، بينما أشار Lethaby إلى أن سبب تطور العمارة الغوطية يعود لكونها نبعت من مواضيع تكنولوجيا ومواد البناء، بينما فقدت عمارة النهضة مصداقيتها بسبب تركيزها على المعرفة والذوق (Watkin, 1977). وفي السياق ذاته نجد موقفين مختلفين من الذوق/ الجمال لأشهر منظرين، وهما Giedion وScott، فمن جهة Giedion فقد كره عصر النهضة ودافع بقوة عن الحداثة، في حين مال Scott أسلوبيا نحو الباروك، مفضلاً إياها على الحداثة (Kite, 2001)؛ إذ يؤكد سكوت أن ذوق الباروك هو في أعلى درجة من درجات إثارة الاهتمام؛ بسبب النهج النفسي الواضح لمشكلة التصميم، فهو متحرر من المسلمات «taboos» الميكانيكية والأكاديمية، باحث عن الحركة والتشكيل الكُتلي والقيم المكانية (Scott, 2010)، وكل من وجهتي النظر هاتين شكلتا مفهومنا عن العمارة والتصميم الداخلي.

إن العديد من المدارس الفكرية لم تنظر للذوق في العمارة كشفرة مكانية؛ بل ناقشت الذوق من ناحية الذواقة (متذوقي الطعام)، وقد كان Jacques Blondel من أوائل المنظرين المعماريين الذين ناقشوا الذوق من وجهة نظر ذواقة الطعام، إذ عَرّف الذوق بأنه ثمرة المنطق، وتسلسل الحكم السريع الذي يحقق المرء من خلاله نتيجة غير بديهية، وهي النتيجة نفسها التي يولدها متذوق الطعام الذي يتولى تحضير الطعام (Frascari, 1986). وعلى الرغم من أن التشابه بين فن الطهو والعمارة ليس تفسير اشتقاقي خيالي فقط، لكنه لا يزال قائما حتى اليوم، فكنيسة ريتشارد ماير في Tor Tre Teste في روما، المكونة من ثلاث قشور منحنية ومتراكبة فوق بعضها وُصفَت بأنها: «حلوى مالطية Maltese nougat مع طعم جوز الهند أو قشر البيض» (Tschumi, 2006). لكن مع ذلك تبقى مناقشات موضوع الذوق في العمارة محدودة؛ حيث يقول Frascari أن المنظرين المعماريين بالكاد ناقشوا الذوق والعمارة المعاصرة، وقد حُكم الذوق المعماري بالمعايير الأخلاقية للحركة الحديثة مما جعل العمارة بلا معنى (Frascari, 1986). ومنذ ذلك الحين تم إبطال «الذوق» كقاعدة محتملة للإنتاج المعماري، ونتيجة لهذا الاتجاه، ومن باب المفارقة الأيدلوجية المتزمتة لحركة الحداثة، ظهرت حالة ما بعد الحداثة التي هيمنت عليها المعالجات البصرية للمعاني المقترحة، وجرت العمارة بعيدا عن أية متعة فيما عدا الاستخدام أو الإدراك (Powers, 2010).

وخلاصة الأمر أنه هناك مدرستين لتذوق العمارة؛ مدرسة تعتقد أن العمارة كشيء يرد على فكرنا، في حين ترى المدرسة الثانية الجانب الآخر كشيء يرد على حواسنا. على سبيل المثال، تصميم النوافذ التي تقع في أعلى المبنى، التي من المرجح أن ينظر إليها من خلال السؤال التالي: هل من المهم جماليا أنها مربعة أم مجرد أن تبدو مربعة؟ هذا السؤال هو صدى لبعض مناقشات عصر النهضة الرائعة حول الذوق المعماري (Wittkower, 1998).

العوامل المؤثرة في تكوين الذوق العام

لقد قادت الدراسات والتعاريف السابقة التي تناولها هذا البحث إلى تحديد ثلاثة عوامل رئيسة مؤثرة في تكوين الذوق العام هي: العامل الفكري المتمثل في الأعراف والتقاليد والحضارة، والعامل المادي المتمثل في العناصر التصميمية والجانب التكنولوجي والتقني، والاعتبارات الجمالية. وفي الجزء التالي من البحث سيتم توضيح هذه العوامل بشكل معمق بما يتيح الوصول إلى مؤشرات محددة يمكن اعتمادها لأجراء الدراسة العملية.

أولا: العامل الفكري/ الأعراف والتقاليد والحضارة

يشير Fishner إلى أن الذوق يتأثر بالاستعدادات البيولوجية المسبقة للأفراد إلى جانب تأثره بالتربية والتعليم، ويمثل قوة النفس التي تجعلها تحب أو تكره ما يواجهه المرء من أشياء (Funch, 1997)، والتي يكتسبها المرء عن طريق المشاركة في حياة المجتمع لفهم وتقدير الجميل والقبيح. إن عملية

تذوق الشيء في الحاضر تُحيلنا إلى ما قبل الآن وما بعد الآن، فما ندركه في اللحظة الحاضرة يرتبط ارتباطًا وثيقًا بما سبقه ويشير توقعًا لما سيتلوه (ستولنتز، 1974)، فحب الماضي هو عاطفة يشعر بها المرء وتؤثر بدورها على تقييم الأعمال استنادًا إلى مرجعيتها التاريخية التي يمكن أن ترتبط عاطفيا (حبا أو نفورا) بذاتية المقيم (إسماعيل، 1986). فالتصميم وتذوقه يترابطان بفضل الذاكرة والخيال، ويكتسب بذلك معناه، فالجميل يعبر عن حاضر ناتج عن ماض له مستقبل (ستولنتز، 1974)، وعملية الترابط هذه تشكل وعينا بالزمن الذي يُمكننا من رؤية ترابط الأجزاء المتعددة للموضوع التصميمي مع بعضها البعض عوضا عن تركها كجزر مفككة. إن الموقف إزاء ذوق الماضي قد يكون مفهوما نابعا من صميم القلب، بخلاف ذوق الحاضر الذي يشكل جزءا مكملاً لنفس الشخص والمجتمع (Eric, 1962). فهناك لا وعي جمعي وشمولي عام يربط الإنسان بماضيه البَدئي، وبتجاربه التي ينتقل زخمها من جيل إلى آخر مما يسهم في بلورة نتاجاتهم ضمن عصر من العصور ويشكل ملامح أسلوب تلك الفترة. فعلى سبيل المثال نجد أن المجتمع الإغريقي اعتمد مبدأ التناهي Finite في رموزه وأسلوبه، ومبدأ التوافق والتجانس مع البيئة، فجاءت الموجودات المادية منسجمة فيما بينها من ناحية الطراز والمقياس محققة مبادئ المساواة، والعدالة، والديمقراطية. بينما امتازت رموز المجتمع الروماني بالسلطة والسطوة، من خلال المبالغة في المقياس على صعيد العمارة وفضاءاتها الداخلية للتعبير عن الفخامة والهيبة (Declan and Maegrit, 1987). كما عكست المستوطنات السكنية لحضارة دلمون (220–1800 ق.م) في البحرين رفاهية المجتمع وغناه، عبر عمارتها وعناصرها ذات فتحات الأبواب العملاقة (المحاري، 2017)، من ناحية أخرى أسهم النمو السريع لتجارة اللؤلؤ، وما تلاها من ظهور صناعة النفط خلال القرون 18–20 إلى نمو سريع في الداخل البحريني، وظهور سوق خاص بالعمال المهرة وتجارة البنائين، واستيراد الأدوات والمكونات الجديدة (مثل مقابض الأبواب) والمواد (مثل الزجاج الملون وقضبان الحديد والأسمنت البورتلاندي) (Yarwood, 1999) مما انعكس على انفتاح ذوق المجتمع وتقبله للآخر.

ثانيا: العامل المادي/ العناصر التصميمية والجانب التكنولوجي والتقني

يشير لوكوربوزيه إلى أن المعمار بترتيبه للأشكال يوجد نظاما يعبر بشكل صميمي عن روحيته وسجيته وذوقه، وهو بأشكاله يؤثر على أحاسيسنا بدرجة مرهفة ويثير فينا العواطف، وبالعلاقات التي يوجدها يوقظ فينا أصداء عميقة (هونت، 1978). فبعض القطع كانت تشكل فيما مضى جزءًا من الحاجة الوظيفية في حينها، بينما تحولت الآن إلى عناصر ذات قيمة جمالية وعاطفية لما تحمله من ذكريات، مثل أعمال السجاد والمصنوعات اليدوية المتنوعة التي تستخدم كعناصر تزينيه وتكميلية للتصميم الداخلي. حيث تميزت العمارة الداخلية التقليدية للمساكن في البحرين بسقوف من العوارض الخشبية المكشوفة ذات اللون الأحمر (جذوع الجندل) يعلوها أحزمة متقاطعة بالأبيض والأسود من البامبو. تبعه في وقت لاحق نمط يقوم في الأساس بتغطية التركيبة السابقة بألواح خشبية ذات ألوان ورسومات هندسية مختلفة. إلى جانب ذلك تميزت العمارة التقليدية باستخدامها للنوافذ الخشبية ذات الحماية المعدنية، كما استخدم الزجاج الملون على شكل مروحة في أعلى النوافذ كدلالة على الثراء (المحاري، 2017). فكل مادة تتحدث لغة خاصة بها، ولكل مادة قصة خاصة بها، حيث يؤكد Frank Lloyd Wright أن الشعور الذي يكمن في المادة يماثل قيمة الروح لدى الجسد، ومن صميم عمل الفنان أن يكتشف هذه الروح. فالحجارة لها شعور متفاوت بالصلابة، فبين حجر البازليت الشديد الصلابة إلى الحجر الرملي سهل التشكيل تتفاوت مشاعر وأحاسيس دفينة، بينما يمتاز الخشب بكونه أخف وأنعم وأكثر ترحيبا منها (Vitruvius, 1960). من ناحية أخرى تسهم العوامل التكنولوجية وقوانين الطبيعة الفيزيائية وخصائص المواد الحديثة في تحديد هيئة عمارة المستقبل وستساعد على نبذ العمارة المعتمدة على الديكور السطحي (Nervi, 1966)، وبالتالي ستؤدي التكنولوجيا والتقنيات المرافقة لها ضغطا على ذائقة المجتمع من خلال التطورات التي تُحدثها في منتجاتها بشكل مستمر، مما يولد صراعا داخليا بين الجانب الذاتي للإنسان الذي يسعى لتجسيد مشاعره، وبين الجانب التقني الذي يسعى للسيطرة على قوى الطبيعة، والذي ينعكس حتما في الاختيار وفق الاعتبارات الذوقية (Mumford, 2000).

ثالثا: الاعتبارات الجمالية

إن الاعتبارات الجمالية في مجتمع ما يُمكن لها أن تتأثر بالمعايير السائدة خلال تلك الفترة التي تشكل الذائقة العامة للمجتمع بشكل تلقائي بكونها نمطًا سائدًا. حيث يتأثر المتلقي بنوع التجربة التي يخوضها والوسط الذي تتم فيه، وخبرة الفرد وخلفيته الفكرية إلى جانب تكرار التجربة. وهذا بمجمله ما يؤثر على تكوين ملامح الذوق الخاص بالأفراد، وهو ما يشكل السجيّة habitus التي تحدث عنها بورديو قائلا إنها: «نسق الاستعدادات المكتسبة وتصورات الإدراك والتقويم والفعل التي طبعها المحيط في لحظة محددة وموقع خاص»، فالسمة الشخصية للذوق لا تولد بمعزل عن الذوق العام والذي يعتبر مُنتج الممارسات وأصل الإدراكات وعمليات التقويم، وهو مجموعة القواعد المولدة للممارسات، وهو ما يضفي الشرعية على الترتيبات (الصراع الطبقي) والتمايز(العنف الرمزي والثقافي) دون حدوث أي صدام ظاهري بين الطبقات (وطفة، 2012). لقد أسهمت بنية المجتمع البحريني القائم على نمط العائلة الممتدة والذي انعكس على تصميم الدور السكنية خلال تاريخها في التوجه نحو الداخل وتجانسه مع نمط العائلة الممتدة حيث الآباء والأبناء في حيز مكاني واحد مشكلاً ما يعرف بالـ «الفريج» / الحي (والي، 1992) والذي أسهم بدوره في تشكيل تفضيلات جمالية تمتد بين أفراد هذا المجتمع المتقارب. وهكذا عندما سادت الحداثة في الذوق العام كان للمعيار الوظيفي (النفعي) أثر جلي في تحديد قيمها الجمالية، فسادت أفكار البساطة والاختزال والمنفعة والمناسبة لتأدية فعالية محددة في تحديد جمالية التصميم الداخلي. بينما اتجه المجتمع بذائقته نحو حرية التعبير عن الرغبات الشخصية عندما سادت أفكار ما بعد الحداثة وانتقل زمام المبادرة من المصمم إلى المستهلك، حيث كتبت كل من Mary Derieu و Isabelle Stevenson مشجعتين قرائهما: «لا تخش من أن تعطي تعبيرًا عن ذوقك الخاص في انتقائك...إنه بيتك أنت» (Massey, 1990). ففي كثير من الأحيان تتحول الأنماط البنائية إلى رغبات Fads تبرز وتختفي بما يشبه الموضة؛ إذ تدخل التغيرات إلى المجتمع محدثة أثرًا سريعًا في الذوق العام نتيجة تأثرها بالإعلانات وتقليد الآخر، ويحدث التغير حبًّا في التغير ذاته، فما يشعر به الإنسان من إشباع حسي يدفعه دوما لأن يبتكر طرقًا جديدة تمكنُه من توسيع رقعة الإشباع الحسي والمعنوي ورفع مستواه (Banz, 1970). وهنا نجد المصممين مسخرين للأسلوب وملاءمة الأسلوب لوظيفة التصميم، حيث إن تصميم الجمال يشكل أداة ذات قوة هائلة (Palmer and Dodson, 1996).

الدراسة العملية

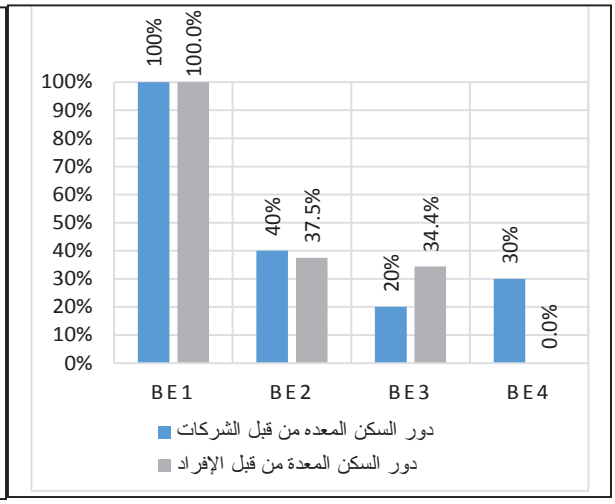
استند البحث في إجراء دراسته العملية على منهجية دراسة الحالة المتعددة بهدف جمع معلومات معمقة عن طبيعة الذوق العام للتصاميم الداخلية للدور السكنية المعاصرة في مملكة البحرين؛ إذ من شأن هذه المنهجية أن تُسهم في الوصول إلى نتائج جوهرية لما توفره من فرصة لإجراء دراسة معمقة في مواضيع محدودة المصادر تؤثر فيها مجموعة متعددة من العوامل والمتغيرات (Yin, 2009)، وهذا ما يناسب هدف البحث في الوقوف على سمات الذوق العام للتصميم الداخلي للدور السكنية في مملكة البحرين ويلائم قلة المعلومات في هذا السياق. لقد اعتمد البحث في جمع المعلومات على المسح الميداني (زيارات ميدانية، توثيق بالصور) لمجموعة متنوعة من الدور السكنية في مملكة البحرين التي أنشأها أفراد بعينهم بواقع (32) عينة، إلى جانب (10) عينات من الدور السكنية التي أنشأتها شركات التطوير العقاري؛ حيث شملت العينة في كلا الفئتين (الفلل) السكنية (المستقلة والمؤثثة)، التي تعود لفئات مجتمعية ذات دخل فوق متوسط إلى عال، كما راعى البحث في اختياره لعدد العينة أن يتلاءم مع واقع حال المملكة من حيث نسب كل من الفئتين في قطاع الإسكان، وينسجم مع هدف البحث في تحديد سمات الذوق العام للدور السكنية، ويُمكن من تحديد خصوصية توجهات كل منهما. وقد تم تحديد مجموعة من المؤشرات التي جرى استخلاصها من خلال العوامل الثلاثة الرئيسة التي توصل لها البحث بوصفها العوامل المؤثرة على الذوق العام ضمت مؤشرات أساسية ثلاثة هي (الاعتبارات الجمالية السائدة والوافدة للمجتمع، وعلاقة التصميم الداخلي بالأصول، والخصائص التصميمية للفضاء الداخلي) إلى جانب (9) مؤشرات فرعية نُظمت في استمارة خاصة (جدول رقم1). جرى تعريف أهم القيم الممكنة للمتغيرات المطروحة في ضوء تحليل البيانات التي تم جمعها من ميدان الدراسة وبما يُمكن من التعمق في دراسة العينات وبناء صورة عن أبرز خصائص الذوق العام للدور السكنية.

جدول رقم (1): المؤشرات الأساسية والفرعية للدراسة

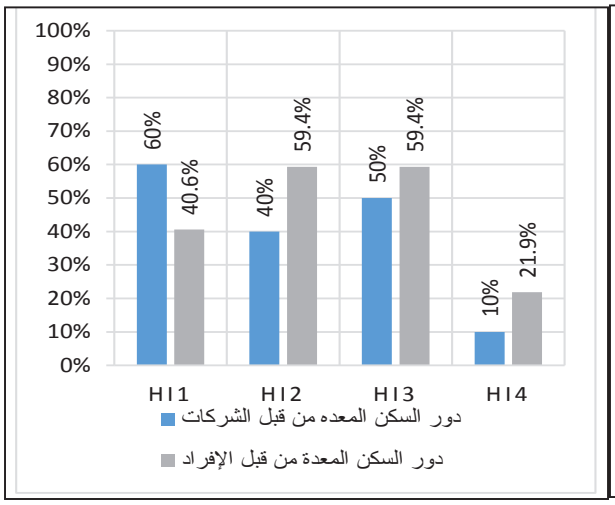
المؤشرات الأساسية		المؤشرات الفرعية	الترميز
الاعتبارات الجمالية السائدة والوافدة للمجتمع		المعيار الوظيفي / النفعي	BE1
		المودة / الموضة	BE2
		التكنولوجيا والتقنيات	BE3
		التعبير عن الرغبات الشخصية	BE4
علاقة التصميم الداخلي بالأصول	الموقف إزاء ذوق الماضي	قطيعة مع الماضي / التحرر من المضامين الكلاسيكية	HI1
		التواصل مع الماضي	HI2
	مقدار الاستعانة بالتقاليد	على مستوى الأجزاء (عناصر)	HI3
		على مستوى الكُل (علاقات)	HI4
الخصائص التصميمية للفضاء الداخلي	سمات عناصر التصميم الداخلي	أشكال محورة ومبسطة لنباتات وحشرات وحيوانات	CA1
		تكرار الأشكال الهندسية	CA2
		أشكال مدمجة	CA3
		المبالغة والتناقض (من حيث المقياس)	CA4
		بسيط وصريح (يدرك مباشرة)	CA5
		نقي ومجرد	CA6
		معقد ومتناقض	CA7
	الهيئة العامة للمشهد الداخلي	هيئة عضوية	FO1
		هيئة هندسية	FO2
		هيئات مركبة	FO3
	طبيعة الألوان	استخدام ألوان حركية (أحمر، برتقالي..)	CO1
		استخدام ألوان غير حركية (فاتحة)	CO2
		استخدام ألوان غير حركية (داكنة)	CO3
	الإضاءة	إضاءة طبيعية	LI1
		إضاءة صناعية	LI2
		توزيع الإضاءة بشكل هندسي	LI3
		توزيع الإضاءة بشكل عضوي	LI4
	طبيعة مواد الإنهاء	استخدام مواد طبيعية (كالخشب)	TE1
		استخدام مواد لامعة ومعادن	TE2
		المزج بين المواد الحديثة والتشكيلات التاريخية	TE3
		استخدام مواد صناعية (بورسلين..إلخ)	TE4
	الأثاث والتأثيث	استخدام اثاث كلاسيكي	FU1
		استخدام أثاث حديث	FU2
		استخدام الحرف اليدوية لتشكيل الأثاث الداخلي	FU3
		أشكال بسيطة من مواد صناعية.	FU4
		أشكال غريبة للأثاث	FU5
	طبيعة الزخارف والمنسوجات	منسوجات مرتبطة بالعناصر الطبيعية	DE1
		منسوجات مرتبطة بالعناصر الهندسية	DE2
		تزيين مرتبط بالأسطح (بما فيها ورق الجدران)	DE3
		تزيين مرتبط بالهيكل الإنشائي	DE4
		استخدام النحت الجداري	DE5

نتائج الدراسة

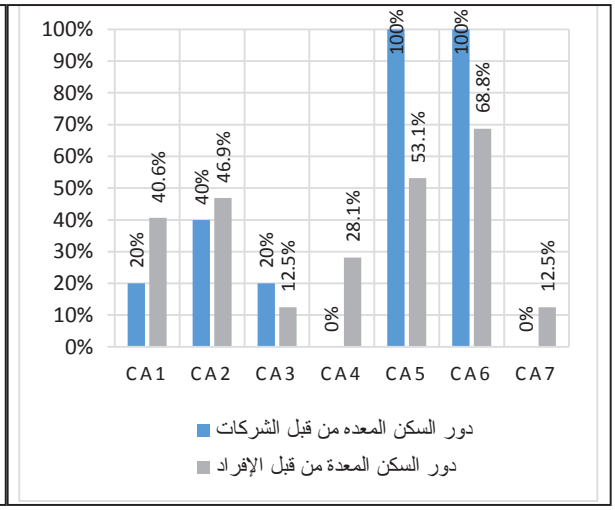
أظهرت نتائج الدراسة تأثر الذوق العام على صعيد الأفراد بالتكنولوجيا والتقنيات الحديثة بنسبة 14.4 % أكثر مما هو عليه الحال في الدور السكنية التي أنشأتها شركات التطوير العقاري في مملكة البحرين (شكل رقم1)، ومع ذلك، فقد كانت الاعتبارات الوظيفية والنفعية في مركز اهتمام كلا الفئتين، وهذا ما يتوافق مع تفسير أدموند بيرك Burke حول أن فكرة المنفعة أو المناسبة هي من مكونات الجمال الذاتي. كما تميز الذوق العام في الدور السكنية المعدة من قبل الأفراد بتوظيف العناصر التقليدية في التصميم الداخلي بما يفوق الضِعف مقارنة باهتمام شركات التطوير العقاري بالعناصر التقليدية (شكل رقم2) مما عكس تواصلاً أكبر للأفراد بالتقاليد وتراث البلد مقارنة مع الشركات العقارية التي كانت تبتعد عن تراث البلد باتجاه المودة/ الموضة والتوجهات العالمية المُحدثة؛ فالموقف تجاه ذوق الماضي يكون في صميم قلب المتلقي والمستخدم، وهو ما يؤكده إيرك (Eric, 1962) وينتقل هذا الزخم عبر الأجيال ليشكل ملامح الطراز الذي يفضله ذلك المجتمع.



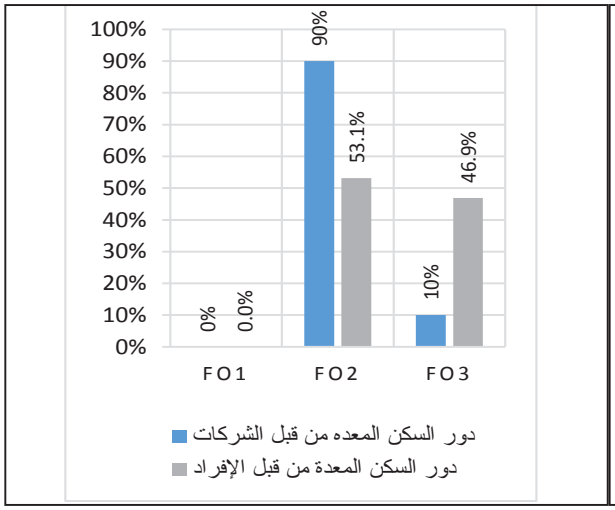
شكل رقم (1): نتائج سمات الذوق
على صعيد الاعتبارات الجمالية السائدة والوافدة للمجتمع



شكل رقم (2): نتائج سمات الذوق
على صعيد علاقة التصميم الداخلي بالأصول



شكل رقم (3): نتائج سمات الذوق
على صعيد عناصر التصميم الداخلي

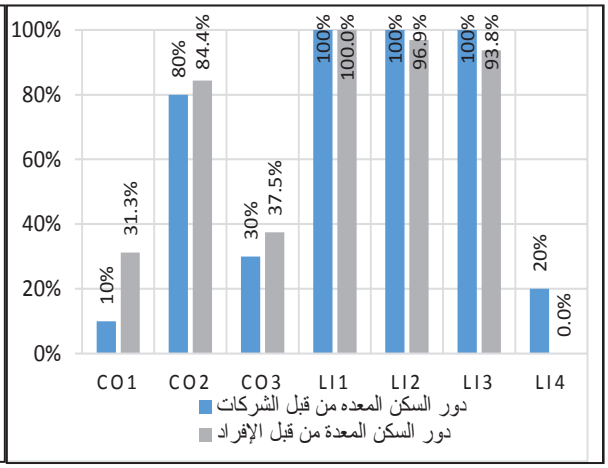


شكل رقم (4): نتائج سمات الذوق
على صعيد الهيئة العامة المشهد الداخلي

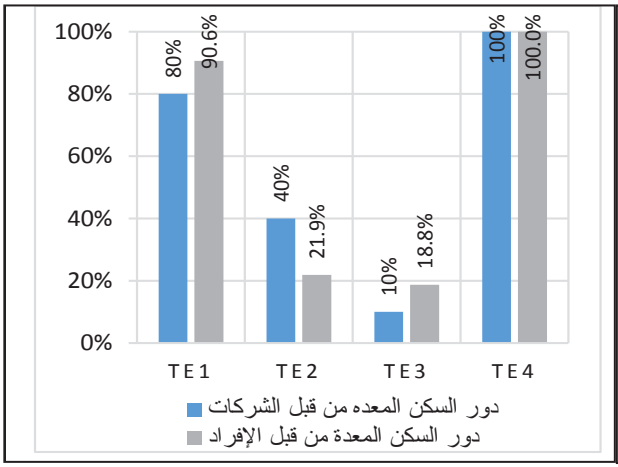
كما اتسمت التصاميم الداخلية بالتعبير عن ذوق عام ينسجم مع التعقيد والمبالغة والتناقض في الفضاءات الداخلية لدور الأفراد، بينما كانت البساطة والتجريد والنقاء سمات ذوقية عامة

للتصاميم التي أنجزتها شركات التطوير العقاري، بالرغم من اعتمادهما في جزء كبير من تصاميمها على تكرار الأشكال الهندسية. واستعان الأفراد بالأشكال المحورة والمبسطة عن النباتات والحيوانات والحشرات (مصادر أحياء عضوية) بمقدار الضعف عما نجده في تمثيل الذوق لدى الشركات (شكل رقم3)، وهذا يعكس ميل المجتمع لعكس مظاهر الترف والغنى الذي ارتبط بذهنيته من خلال المبالغة والتعقيد، ساعيًا للمحافظة على نفسه ضمن طبقة اجتماعية عُليا بحسب تصنيفات Bourdieu، كما يناسب خلفية عمارة المساكن التقليدية البحرينية التي حضرت فيها الزخارف الجبسية بشكل واسع على الأسطح الداخلية والخارجية (المحاري، 2017). وقد انعكس هذا التوجه على هيئة المشهد الداخلي بصفة عامة؛ إذ كانت التراكيب والهيئات المركبة التي تجمع بين ما هو هندسي وما هو عضوي ذات تفضيل ذوقي عال في الدور السكنية المعدة من قبل الأفراد مقارنة مع الفئة الثانية (شكل رقم4).

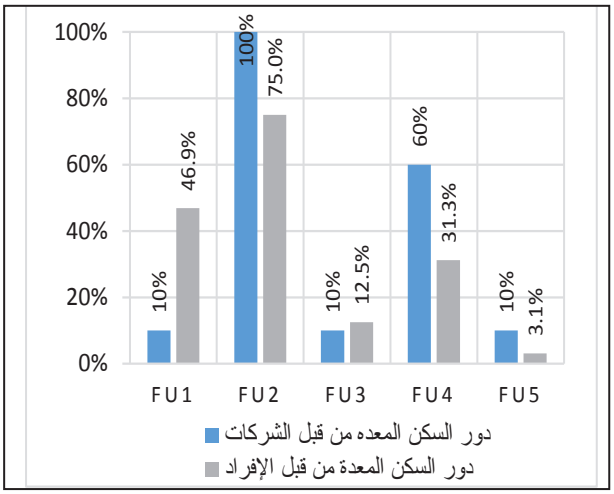
وبينت نتائج الدراسة وجود فارق بمقدار 20 % في تفضيل التوزيع العضوي لوحدات الإضاءة في الدور السكنية المعدة من قبل الشركات، مقارنة مع الدور السكنية المعدة من قبل الأفراد. بينما تميز الذوق العام للأفراد بتفضيله لاستخدام الألوان الحركية كالأحمر والبرتقالي في التصميم الداخلي بثلاثة أضعاف ما هو عليه الحال في الدور السكنية المعدة من قبل شركات التطوير العقاري (شكل رقم5). وهذا يوضح أن الأفراد يتمتعون بحرية أكبر للتجريب والبحث عن التفرد والميل إلى ما هو حركي انفعالي، وهو ما شجعت عليه أفكار ما بعد الحداثة «لا تخف من إظهار تعبيرك عن ذوقك الخاص في انتقائك...، إنه بيتك أنت» (Massy, 1990). رافق ذلك ميل نسبي نحو تفضيل المزج بين المواد الحديثة والتقليدية والتشكيلات التاريخية مقارنة بما قامت به شركات التطوير العقاري التي اهتمت باستخدام المواد اللامعة بمقدار الضعف تقريبا مقارنة بالتصاميم الداخلية للدور السكنية للأفراد (شكل رقم6). وعلى صعيد الأثاث مال الذوق العام للأفراد باتجاه استخدام الأثاث الكلاسيكي أو مزجه بالحديث، بخلاف ميل شركات التطوير العقاري إلى الأثاث الحديث بمواده الصناعية (شكل رقم7) واستخدام أثاث ذو أشكال غير مألوفة في بعض الأحيان. ويمكن تفسير ذلك في ضوء اهتمام الأفراد بعكس هويتهم الشخصية المنتمية إلى تراث المنطقة ومحاولتهم للتعبير عن نوع من الثراء، بخلاف الشركات التي تفتقر إلى التعبير عن هوية محددة. كما انعكس ذلك على طبيعة الزخارف التي يفضلها الذوق العام للأفراد؛ حيث كان حضور النحت والزخارف الجدارية حضورا واضحا في الدور السكنية المعدة من قبل الأفراد كجزء من اهتمامهم بالماضي وبالتعبير عن الثراء، بينما لم تحظ باهتمام شركات التطوير العقاري. كما أن تزيين الجدران بورق الجدران وما شابه ذلك كان شائع القبول لدى الأفراد مقارنة بالشركات (شكل رقم8).



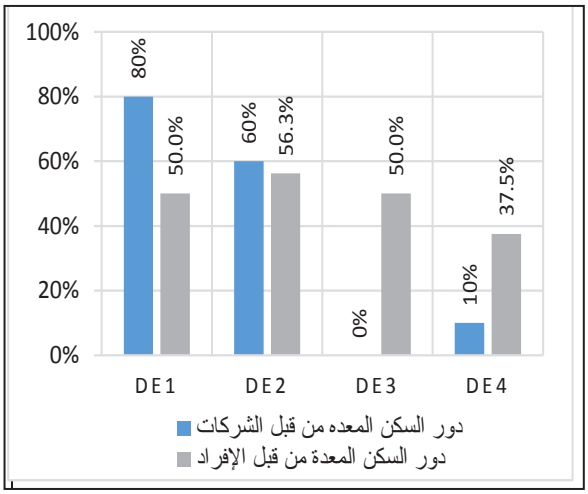
شكل رقم (5): نتائج سمات الذوق على صعيد اللون والإضاءة



شكل رقم (6): نتائج سمات الذوق على صعيد طبيعة مواد الإنهاء



شكل رقم (7): نتائج سمات الذوق
على صعيد طبيعة الأثاث والتأنيث



شكل رقم (8): نتائج سمات الذوق
على صعيد طبيعة الزخارف والمنسوجات

الاستنتاجات

لقد أظهرت نتائج الدراسة فروقًا جليةً فيما يتعلق بعلاقة الذوق العام للتصميم الداخلي للدور السكنية المعاصرة بالأصول والتقاليد بين التصاميم التي أعدت من قبل الافراد وبين الأخرى التي أنجزت من قبل شركات التطوير العقاري في مملكة البحرين؛ حيث كان التعبير عن الماضي والتقاليد حاضرا في تصاميم دورهم السكنية بخلاف التصاميم الداخلية المعدة من قبل الشركات؛ إذ إن تشارك الأفراد في البيئة الجغرافية والاقتصادية والاجتماعية سمح بتوليد خط مشترك في ذوقها بسبب تشابه الظروف، فحتى في حال محاولة أحد الأفراد تقليد الآخر (الأجنبي) تبقى هناك رواسب لصفات ذوقية موروثة متصلة بتلك المجموعة المقلدة والتي تتأتى من التجمعات البشرية وما تنطوي عليها من طرق وتفاعلات، وبذلك يقع المزج بين ما هو متوارث وما هو جديد ومُحدث. وهذا الاستنتاج يتوافق مع ما ذهب إليه عالم الاجتماع الايطالي Vilfredo Pareto في نظريته في الرواسب والمشتقات. أما على صعيد الخصائص التصميمية للفضاء الداخلي فقد تنوعت الاختلافات الذوقية العامة بين الفئتين على أكثر من صعيد، فبينما كانت تتخذ شركات التطوير العقاري البساطة والنقاء سمة لذوقها، كانت تميل التفضيلات الذوقية للأفراد نحو التعقيد والمبالغة بما سمح لها بإثارة الانتباه وإتاحة مساحة أوسع للتعبيرات الفردية ضمن الإطار العام مستثمرا الألوان الحركية كالأحمر والبرتقالي لتعزيز ذلك. وبرزت خصوصية ذوق الأفراد من حيث الخصائص التصميمية للفضاء الداخلي في اهتمامهم باستخدام تزيين الجدران سواء من خلال النحت البارز أو ورق الجدران إلى جانب الأثاث الكلاسيكي، بينما فضلت شركات التطوير العقاري استخدام المواد اللامعة والأثاث الحديث مع الأسطح الخالية من الزخارف.

الخلاصة والتوصيات

لقد حاولت هذه الدراسة أن تشير إلى بعض الحقائق المرتبطة بالذوق العام في التصميم الداخلي، فهو من الناحية السيكولوجية يعبر عن ميل النفس إلى بعض الأشياء، وهو بمعنى الرغبة أو التفضيل أو القابلية على اختيار الأنسب من السلوك. فالذوق يشكل جزءًا من الحياة يصعب باتفاق الجميع التعبير عنه في الأنماط التصميمية المختلفة، ولكن ذلك لا يعني أنه غير موجود. لقد أظهر هذا البحث أن الذوق يُبنى عبر شبكة من المعلومات تمتد عبر الأوساط الاجتماعية والثقافية والجمالية (العوامل المؤثرة)، حيث تُشكل الجذور الثقافية والاجتماعية الدوافع الحقيقية للسلوك الإنساني، بينما تمثل التفسيرات الذوقية الوسيلة التي تبرر السلوك الإنساني وتدعم شرعيته بحيث يكون مقبولاً ومتوافقًا مع حقيقة العالم الخارجي. وقد أظهرت الدراسة أن الحداثة (متمثلة بشركات التطوير العقاري) قد ابتعدت عن السمات الذوقية العامة المرتبطة بهوية المجتمع في تصميمها الداخلي للدور السكنية، وهي نتيجة

تؤكد ما ذهبت إليه دراسة شارك فيها أكثر من ألف شخص في إنكلترا؛ أكدوا أن المباني الحديثة لا تُظهر أيًّا من الخصائص التي تعطيهم تقديرًا لبيئتهم المبنية (Ipsos MORI, 2010)، كما أظهر البحث ميل تصميم الأفراد (بخلاف الشركات) إلى التعبير عن الغنى والثراء عبر توظيف التزيين والأشكال الكلاسيكية. إن هذا البحث يقدم فائدة لفهم الذوق العام للمجتمع ويعزز الفرص التجارية لشركات التطوير العقاري في مخاطبة ذوق الفئات المستهدفة، فضلاً عن فائدته على الصعيد الأكاديمي.

المراجع

أبو حطب، فؤاد. 1973. سمات الشخصية والتفضيل الفني. المجلة الاجتماعية القومية، المركز القومي للبحوث الاجتماعية والجنائية، مصر، المجلد 10، العدد 1، ص ص 3-26.

إسحق، محمد عبد العزيز. 1947. الذوق الفني عند إدموند بيرك. مجلة الكاتب المصري، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر، المجلد 7، العدد 25.

إسماعيل، علي الدين. 1986. الأسس الجمالية في النقد الأدبي: عرض وتقديم ومقارنة. الطبعة الثالثة، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، العراق.

ستولنتز، جيروم. ترجمة: زكريا، فؤاد. 1974. النقد الفني: دراسة جمالية فلسفية. بدون رقم الطبعة، مطابع جامعة عين شمس، مصر.

عبد الحميد، شاكر. 2001. التفضيل الجمالي: دراسة في سيكولوجية التذوق الفني. الإصدار 267، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

عمر، أحمد مختار. 2008. معجم اللغة العربية المعاصرة. الطبعة الأولى، عالم الكتب، القاهرة.

المحاري، أحمد سلمان. 2017. حفظ المباني التاريخية: مباني مدينة المحرق. بدون رقم الطبعة، المركز الدولي لدراسة وترميم الممتلكات الثقافية، الشارقة، الإمارات العربية المتحدة.

نوبلر، ناثان. ترجمة: خليل، فخري. مراجعة: جبرا، خليل جبرا. 1987. حوار الرؤية: مدخل إلى تذوق الفن والتجربة الجمالية. بدن رقم الطبعة، دار المأمون للترجمة، وزارة الثقافة والإعلام، بغداد، العراق.

هونت، جوزيف. ترجمة: حمدي، محمود. 1978. أسرجة الفن المعماري الحديثة الثلاثة. مجلة آفاق عربية، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، العدد السابع، بدون تاريخ إصدار المجلة.

والي، طارق. 1990. المحرق: عُمران مدينة خليجية. الكتاب الأول، بدون رقم الطبعة، بانوراما الخليج، المملكة العربية السعودية.

والي، طارق. 1992. نهج البواطن في عمارة المساكن. بدون رقم الطبعة، مركز الهندسة، مملكة البحرين.

وطفة، علي أسعد. 2012. الهابيتوس في سيسيولوجيا بورديو. مجلة مصر المدنية، استرجع بتاريخ: 19 مارس 2018، الرابط الإلكتروني:
http://www.civicegypt.org/?p=21376#_ednref1

Banz, G. 1970. Elements of Urban Form. McGraw-Hill, New York.

Bourdieu, P. 1984. Distinction: A Social Critique of the Judgment of Taste. Translated by Richard Nice, Routledge & Kegan Paul, USA.

Bourdieu, P. 1990. The Logic of Practice. Translated by Richard Nice, Stanford University Press, CA.

Declan, K., and Maegrit, I. 1987. The Inner City. John Wiley & Sons, New York.

Eric, N. 1962. The Meaning of Beauty. Penguin Books Ltd, USA.

Frascari, M. 1986. Semiotica ab Edendo, Taste in Architecture. Journal of Architectural Education. 40(1): 2-7.

Fuccaro, N. 2000. Understanding the urban history of Bahrain. Critique: Critical Middle Eastern Studies, 9(17): 49-81.

Funch, B. S. 1997. The Psychology of art Appreciation. Museum Tusculanum press, Copenhagen, Denmark.

Gans, D. 1996. Changing highbrow taste: From snob to omnivore. American Sociological Review. 61(5): 900-907.

Hancock, B. 1998. An Introduction to Qualitative Research. Trent Focus Group, Nottingham.

Ipsos MORI. 2010. People and places: Public attitudes to beauty, On behalf of the Commission for Architecture and the Built Environment UK.

Kite, S. 2001. Architecture as virtù: Adrian Stokes, Ezra Pound and the ethics of patterned energy. The Journal of Architecture. 6(1): 81-96.

Massey, A. 1990. Interior Design of the Twentieth Century. Thames and Hudson Ltd., London.

Mumford, L. 2000. Art and Technics. Colombia University Press, New York.

Nervi, P. L. 1966. Aesthetics and Technology in Building. Columbia: Harvard University Press, New York.

Palmer, J., Dodson, M., .1996. Design and Aesthetics: A "Reader", Routledge Publisher, London, pp.6-8.

Powers, A. 2010. Beauty: A Short History. People and Places: Essay Four. Commission for Architecture and Built Environment, UK.

Scott, G. 2010. The Architecture of Humanism. General Books LLC, USA.

Scruton, R. 1979. Aesthetics of Architecture, Princeton University Press, New York.

Tschumi, B. 2006. Taste in Architecture: Musings on a Possible Personal Linkage between Architecture and Taste (Jubilee Church, Rome – Richard Meier). Retrieved on: 31 -5-2018 from: http://everything2.com/title/taste+in+architecture.

Turner, B. S. and Edmunds, J. 2002. The distaste of taste: Bourdieu, cultural capital and the Australian post-war elite. Journal of Consumer Culture. 2(2): 219-239.

Vitruvius, M. P. 1960. The Ten Books on Architecture. Morgan publication, New York.

Watkin, D. 1977. Morality and Architecture – The Development of a Theme in Architectural History and Theory from the Gothic Revival to the Modern Movement. Clarendon Press, Oxford.

Wittkower, R. 1998. Architectural Principles in the Age of Humanism, 5th Edition. Academy, London.

Yarwood, J. 1999. Traditional building construction in a historic Arabian town. Construction History. 15: 57-77.

Yin, R. K. 2009. Case Study Research: Design and Methods, 4th Ed. Sage Publications, Newbury Park, CA.

The Interior Design General Taste Characteristics of Contemporary Housing in the Kingdom of Bahrain

Udai Ali Al-Juboori

Department of Design and Art, Applied Science University
Manama, Kingdom of Bahrain

https://doi.org/10.37575/b/eng/2018

ABSTRACT

Architecture is still able to stimulate taste, senses and vision. Taste directs individual behaviour based on a specific reference located in the mental structure of the recipient. Thus, taste mediates objectivity relations and individual behaviours. Accordingly, it legitimizes the arrangements and differentiation (class, symbolic, and cultural) without any apparent clash between classes. Although taste distinction is inherently paradoxical, it has the benefits of reconciling any divergence between recent preferences (fashionable) and the work one genuinely perceives as an outstanding object of taste. This research discusses the characteristics of the interior design public taste of contemporary houses in the Kingdom of Bahrain reveal the most prominent features that make up the overall taste of the interior design, and identify differences in taste between individual's and real estate developers' designs in Bahrain. After conducting a field survey of 42 samples, the study, identified significant differences between the two designs, where the relationship with the past played a central role in this differentiation. The work recommended using its findings to maintain the local identity and improve trade opportunities of real estate developers.

Key Words: Architectural taste, Habitus, Interior architecture.

English Section

القسم العربي

تحريك كرسي المُقعدين من خلال تمييز الأوامر العربية المتقطعة

خالد نهار[1] و معاوية الشناق[1] و رأفت الشرمان[1] و رعد الخطيب[1] و "محمد أشرف" العتوم[2]

(1) قسم علوم الحاسوب، كلية تكنولوجيا المعلومات وعلوم الحاسوب، جامعة اليرموك، المملكة الأردنية الهاشمية
(2) قسم نظم المعلومات الحاسوبية، كلية تكنولوجيا المعلومات وعلوم الحاسوب، جامعة اليرموك، المملكة الأردنية الهاشمية

استلام 20 ديسمبر 2018م - قبول 4 سبتمبر 2019م

https://doi.org/10.37575/b/com/2034

المستخلص

يعد تعرف الكلام آليا وسيلة فعالة وواسعة الانتشار في تحويل الصوت إلى أوامر، وفي العقود القليلة الماضية، ونتيجة لثورة المعالجة الرقمية للبيانات، أصبحت نظم معالجة الكلام مضمنة في معظم التكنولوجيا الحديثة. إن من فوائد هذه الثورة أنها دفعتنا باتجاه تطوير نظام تمييز الصوت المتقطع للتحكم في حركة كرسي المعوقين الناطقين بالعربية. سيكون بمقدور «نظام عبر الصوت» الخاص بكرسي المعوقين تمييز سبعة أوامر منفصلة في اللغة العربية. لقد تم استخدام نظام «سفينكس 4 للتمييز الأوتوماتيكي للكلام من جامعة كارغيني ميلون الأمريكية» لبناء النظام والتحقق من فعاليته ودقته. لقد تم بناء مستوعب صوتي خصيصا لهذا الغرض وتم تقسيمه إلى جزأين: الجزء الأول خاص بالتدريب وبلغ 70 % من المستوعب، والجزء الثاني لأغراض التحقق من صحة النظام وحساب الدقة وبلغ 30 %. بعد تنفيذ الاختبارات اللازمة تم التوصل إلى دقة تمييز للأوامر تصل لغاية 96 %. إن مستوى معدل الدقة في تمييز الأوامر بين ما تم إجراؤه من اختبارات على 30 % من المستوعب الصوتي وبين بيانات حقيقيه أخذت من خارج المستوعب بلغ 94 %.

الكلمات المفتاحية: تمييز الكلام العربي، كرسي متحرك، معوق، النموذج الصوتي، نموذج ماركوف الخفي، نموذج اللغة.

Wang, H., Li, T., Zheng, F., and Yan, Y. 2015. A wheelchair platform controlled by a multimodal interface. Shanghai, China, 24-26 April 2015 *In* 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering (pp. 587-590).

Zarrouk, E., Ayed, Y.B., and Gargouri, F. 2014. Hybrid continuous speech recognition systems by HMM, MLP and SVM: A comparative study. International Journal of Speech Technology. 17(3): 223-233.

Al-Barhamtoshy, H., Abdou, S., and Jambi, K. 2014. Pronunciation evaluation model for none native English speakers. Life Science Journal. 11(9): 216-226.

Ali, A., Dehak, N., Cardinal, P. Khurana, S., Yella, S.H., Glass, J., Bell, P., and Renals, S., 2015a. Automatic dialect detection in arabic broadcast speech. arXiv preprint arXiv:1509.06928.

Ali, A., Magdy, W., and Renals, S. 2015b. Multi-reference evaluation for dialectal speech recognition system: A study for Egyptian ASR. Beijing, China, 30 July 2015, *In* Proceedings of the Second Workshop on Arabic Natural Language Processing (pp. 118-126)

Ali, M., Elshafei, M., Al-Ghamdi, M., and Al-Muhtaseb, H. 2009. Arabic phonetic dictionaries for speech recognition. Journal of Information Technology Research (JITR). 2(4): 67-80.

Allen, J., Byron, D., Dzikovska, M., Ferguson, G., Galescu, L., and Stent, A. 2000. An architecture for a generic dialogue shell. Natural Language Engineering. 6(3-4): 213-228.

Al-Qatab, B.A., and Ainon, R.N. 2010. Arabic speech recognition using hidden Markov model toolkit (HTK). Kuala Lumpur, Malaysia, *In* 2010 International Symposium on Information Technology. May 2010,Kuala Lumpur, Malaysia. 2: 557-562.

Baum, L.E., and Petrie, T. 1966. Statistical inference for probabilistic functions of finite state Markov chains. The Annals of Mathematical Statistics37(6): 1554-1563.

Das, T.K., and Nahar, K.M. 2016. A voice identification system using hidden Markov model. Indian Journal of Science and Technology. 9(4): 1-6.

Diehl, F., Gales, M.J., Tomalin, M., and Woodland, P.C. 2012. Morphological decomposition in Arabic ASR systems. Computer Speech & Language. 26(4): 229-243.

Frihia, H., and Bahi, H., 2016. Embedded learning segmentation approach for Arabic speech recognition. Brno, Czech Republic, 12-16 Septemebr 2016, *In* International Conference on Text, Speech, and Dialogue (pp. 383-390). Springer, Cham.

Jurafsky, D. 2000. Speech & Language Processing. Pearson Education, India.

Kirchhoff, K., Bilmes, J., Henderson, J., Schwartz, R., Noamany, M., Schone, P., Ji, G., Das, S., Egan, M., He, F., and Vergyri, D. 2002. Novel speech recognition models for Arabic. Maryland, USA, 1 June 2002, *In* Johns-Hopkins University summer research workshop.

Majeed, S.A., Husain, H., Samad, S.A., and Idbeaa, T.F. 2015. Mel frequency cepstral coefficients (Mfcc) feature extraction enhancement in the application of speech recognition: A comparison study. Journal of Theoretical & Applied Information Technology. 79(1): 38-56.

Nahar, K.M., Shquier, M.A., Al-Khatib, W.G., Al-Muhtaseb, H., and Elshafei, M. 2016. Arabic phonemes recognition using hybrid LVQ/HMM model for continuous speech recognition. International Journal of Speech Technology. 19(3): 495-508.

Nishimori, M., Saitoh, T., and Konishi, R., 2007. Voice controlled intelligent wheelchair. Kagawa, Japan, 17-20 September 2007, *In* SICE Annual Conference 2007 (pp. 336-340).

Qidwai, U., and Ibrahim, F. 2010. Arabic speech-controlled wheelchair: A fuzzy scenario. Kuala Lumpur, Malaysia, 10-13 May 2010, *In* 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010) (pp. 153-156).

Rabiner, L.R., and Juang, B.H. 1986. An introduction to hidden Markov models. IEEE ASSP Magazine. 3(1): 4-16.

Rosenfeld, R. 2000. Two decades of statistical language modeling: Where do we go from here? Proceedings of the IEEE. 88(8): 1270-1278.

Satori, H., Harti, M., and Chenfour, N. 2007. Arabic speech recognition system based on CMUSphinx. Agadir, Morocco, 28-30 March 2007 *In* International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics (pp. 31-35).

For the sake of fact and consistency, no recognizer can give you 100% of accuracy due to several factors such as noise, quality of the training recordings, pronunciation variations between speakers, and the quality of outlet data. In our case, WER was about 4%, which is acceptable and relatively low compared to others Table 6 where the WER exceeds 4%. Moreover, the average accuracy of the corpus-based experiment and the real test experiment reached 94%, which compares favorably to others. In addition, our system built upon a famous recognizer, the CMU-Sphinx4 recognizer and it can be adapted to work with any microcontrollers. It is fully independent of any hardware, while most of the work previously done was mainly built upon a targeted special hardware. Qidwai and Ibrahim, (2010) and Wang *et al.* (2015) had a limited set of commands with a maximum of 5, while the current work allow for 7 commands and these can be extended according to our needs.

CONCLUSION AND FUTURE WORK

In this paper, an automatic Arabic speech recognition system for a handicapped people to support and facilitate their daily life is proposed, designed, and developed. First, a corpus of 700 recording waves for 7 words from 20 different male and female speakers was created. Second, from the phone set, about 23 phones were used in this system. A phonetic dictionary which consists of 14 words (seven with discretization or "*tashkeel*" and seven without) were built for the system. Third, the files and transcription for the training using a CMU-Sphinx4and testing (490 files for training and 210 files for testing) were determined. Finally, the proposed system was developed using java programming language using the Sphinx-4 libraries to receive the spoken voice commands and convert the recognized speech to a text. The proposed system achieves an accuracy of 96% where most of the words of the different voices were recognized correctly. The average accuracy of the real experiment and corpus test is 94%.

One of the main limitations of our system, and most of the AASR systems, is its dependence on Modern Standard Arabic (MSA). MSA is usually used for broadcast news, TV reports, and other functions. Accents are not covered in ASR systems, as it is a sophisticated issue in speech recognition. However, some issues in this area can be resolved by building a corpus for each accent though this would be hard to achieve. In the future, it is planned to improve the accuracy of the proposed system as well as allowing it to support more Arabic words from different accents close to MSA to strengthen the corpus. A cost-effective solution will be explored to build a working prototype of a voice controlled wheelchair that will move according to its user's commands and which can be easily connected to our AASR. In fact, some visual simulations were initiated through MATLAB for this purpose.

REFERENCES

Abdou, S., Rashwan, M., Al-Barhamtoshy, H., Jambi, K., and Al-Jedaibi, W. 2012. Enhancing the confidence measure for an Arabic pronunciation verification system. Stockholm, Sweden, 6-8 June 2012, In Proceedings of the International Symposium on Automatic Detection of Errors in Pronunciation Training (pp. 85-90).

Abdou, S., Rashwan, M., Al-Barhamtoshy, H., Jambi, K., and Al-Jedaibi, W. 2014. Speak correct: A computer aided pronunciation training system for native Arabic learners of English. Life Science Journal. 11(10): 370-380.

Abdul-Mageed, M., Diab, M., and Kübler, S. 2014. SAMAR: Subjectivity and sentiment analysis for Arabic social media. Computer Speech & Language. 28(1): 20-37.

Abushariah, M.A., Ainon, R.N., Zainuddin, R., Elshafei, M., and Khalifa, O.O. 2010. Natural speaker-independent Arabic speech recognition system based on Hidden Markov Models using Sphinx tools. International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE'10), May 2010, Kuala Lumpur, Malaysia. (pp. 1-6).

more than 15% in such experiments it was less than 10% in our case. A graph to reflect the relation between factors of gender, environment, and accuracy is shown in Fig. 9. It indicates that this system could recognize female voices much better than male ones, especially in normal environment.

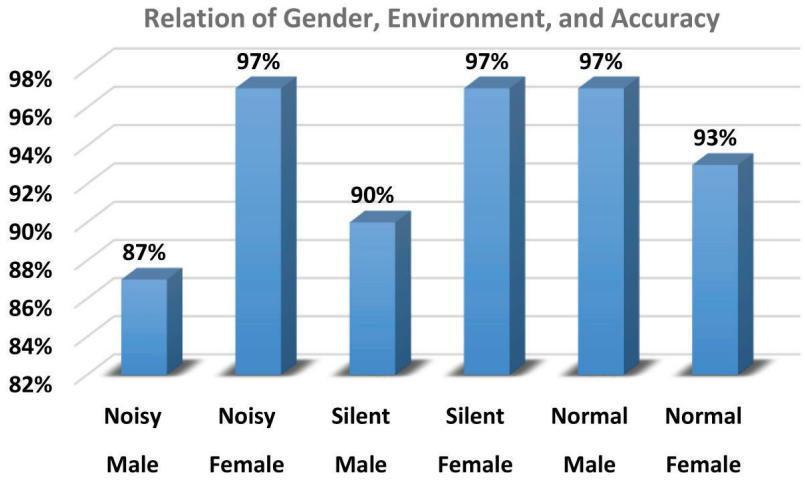


Fig. 9. Relationship of Gender, Environment, and Accuracy.

From Fig. 9, the effect of the surrounding environment on the accuracy is clearly shown. Naturally, the noisy environment produces less accuracy though it is still within an acceptable rate. Normal and silent environments have almost the same level of accuracy. The previous experiment was considered as a test for the recognizer. Since the corpus is divided into 70% for training and 30% for testing, respectively, the 30% of the corpus was fed to the recognizer. The word error rate and the accuracy obtained (i.e. percentage of correctness) are shown in Table 6. The percent of precision is calculated using equation 5. (Al-Qatab and Ainon, 2010)an Arabic dictionary was built by composing the words to its phones. Next, Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC.

Table 6. Recognition accuracy from the Corpus

Total number of words in the 30%	Correctly recognized words	Correct percentage	WER (Phoneme Level)	Accuracy
126	120	96%	4%	96%

Percent of Correctly recognized words = (N-D-S)/N×100%, (5)
where N denotes to number of labels in the reference transcriptions, and D denotes to number of deletions which may occur when the recognition take place. The deleted items are a set of phonemes that are omitted, and S is the number of substitutes. The substituted items are the set of phonemes that are replaced based on the language model, when more than one phoneme is placed in the same position. However, this measure ignores insertion errors and therefore, the total percentage of accuracy as defined by equation 5 is used for better understanding of the results (Al-Qatab and Ainon, 2010) Percent of Accuracy
(N-D-S-I)/N×100%, (6)
Where *I*, is the number of insertions. The insertions occur when a new phoneme is inserted to complete the most probable word. It is similar to word insertion in equation 4, but at the phoneme level.

training (490 files), transcriptions for training files, a list of wave files for testing (210 files) and transcriptions for the testing files. The acoustic model had been trained and ready for use, and the remaining 30% of the recordings were fed to the recognizer in order to measure its accuracy. Moreover, some extra recordings from outside the collected corpus were also fed to the recognizer. The accuracy was calculated. The list of fillers or the filler dictionary is something different from a standard dictionary. It contains the filler phones that are phones that are not covered by a language model and include non-linguistic sounds like breath, inhalation, amah (mmm) or noise just as they may contain silences. Fig. 8 shows part of the filler dictionary.

<s>	SIL
</s>	SIL
<sil>	SIL
+mmm+	++MMM++
!INH	+INH+
!NOISE	+NOISE+

Fig. 8. Filler Phones List.

RESULTS AND DISCUSSION

For the purpose of evaluating the effectiveness of the proposed system, the system acoustic model was trained on 70% of the corpus using sphinx train utility, and the system was tested on the remaining 30%. The recognition rate (RR) was calculated based on Equation 3.

$$RR = \frac{\text{Number of Correctly Recognized words}}{\text{Number of Tested Words}} \quad (3)$$

In sentence-wise recognition, another equation was used to measure the Word Error Rate (WER). It compares a Reference (REF) to a Hypothesis (HYP) and is defined in equation 4 (Ali *et al.*, 2009).

$$WER=S+D+I/N \quad (4)$$

Where,

- S denotes to number of substitutions,
- D denotes to number of deletions,
- I denotes to number of insertions and
- N denotes to number of words in the reference

In the training phase the Baum Welch algorithm iterates several times to find the best values for a HMM which represent the phoneme statistics. For each phoneme, there will be a HMM which has to be trained. As an outlet test, 6 volunteers were permitted to utter commands to the system 30 times with random selection between commands. The test results given by volunteers are illustrated in Table 5.

Table 5. Results of Voiced Commands

Speaker	Gender	Environment	Random Spoken Words	Number of Hits (Correctly (Recognized words	Accuracy
1	Male	Noisy	30	26	87%
2	Female	Noisy	30	29	97%
3	Male	Silent	30	27	90%
4	Female	Silent	30	29	97%
5	Male	Normal	30	29	97%
6	Female	Normal	30	28	93%
Average Accuracy Among All Speakers					**92%**
Average Error Rate Among All Speakers					**8%**

Since this experiment represents a real test, based on outside data, the result gained is considered very good in the field of ASR. In this experiment, the number of hits or correctly recognized words were considered. Moreover, though the error rate is generally

also includes the probabilities of the words and their combinations. These probabilities are estimated from sample data with some flexibility. In this work, the number of uni-grams is 11, whereas the number of bi-grams and tri-grams are 18 and 9 respectively. In general, given a word sequence w_1, w_2, w_3, and w_n, the model will assign the probability to the sequence in the ratio of the frequency of occurrence of the sequence in training. During training, the model will construct the distribution of unique n-grams (Rosenfeld, 2000) , which is approximated using equation 2:

$$P(W_1^N) \approx \prod_1^N P(W_i|W_{i-n+1}^{i-1}) \quad (2)$$

Building Acoustic Model:

The acoustic model is used in the Automatic Speech Recognition to illustrate the relationship between a speech audio signal and its corresponding phonemes or its other linguistic units. The model is trained with a set of audio recordings and their corresponding transcripts. The model is created by taking audio speech recordings, and their text transcriptions. Since the speech sound consists of consecutive words, the statistical representations of the sounds are created using Audacity software. A HMM of three states is provided by the sphinx tool and the acoustic model is trained using the sphinx-train tool. The process of creating the Arabic Acoustic Model using sphinx-train is shown in Fig. 7.

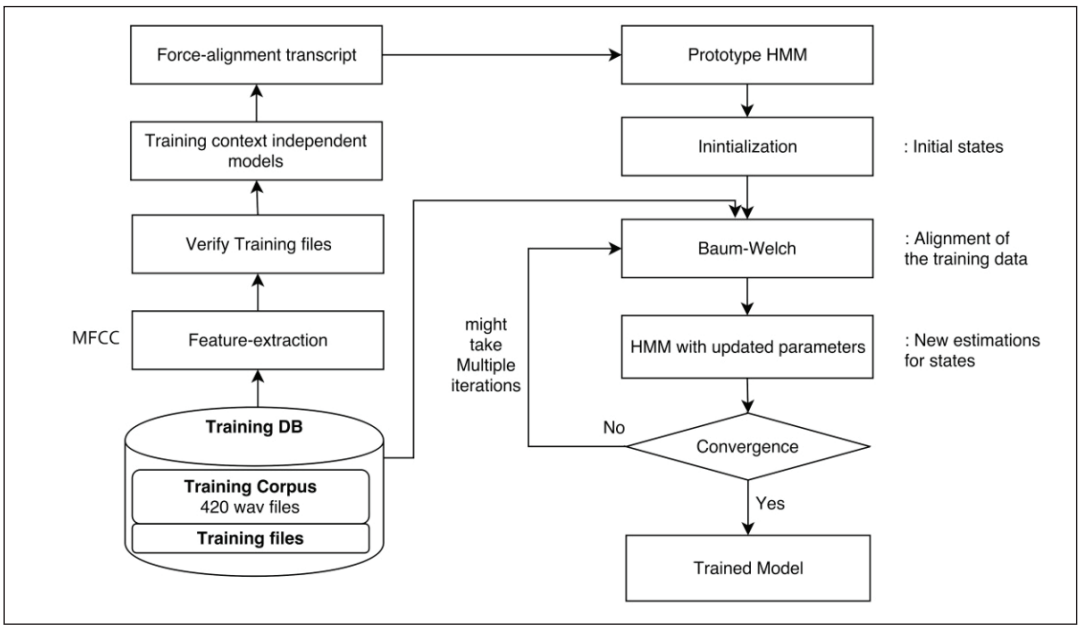


Fig. 7. Training Acoustic Model.

The sphinx tools help matching the live voice speech stream (audio) to its corresponding command in the database. In the training phase, the phones in the phone file are stored one per line with number of phones that matches the phones in the dictionary as well as the *silence* phone. Based on the Arabic phoneme set, a predetermined rule were used to create the phonetic pronunciations of the seven Arabic words. The sphinx-train tool, throughout its training phase, yields statistically a range of possible audio representations for the phonemes. The sphinx-train tool employs the Baum-Welch algorithm iteratively until no improvement is gained in the training phase.

Speech Recognition Process:

As mentioned earlier, the corpus was divided into 70% for training the system and 30% for testing. For now, the training directory has been formulated to include the following: the phonetic dictionary, phone set files, language model, list of fillers, list of wave files for

phonetic dictionary provides a system to map vocabulary words to sequence of phonemes. Fig. 6 shows part of our phonetic dictionary.

```
أمام  A A M A M
أَمَامْ  E A E M A E:M
خلف  KH AA L F
```

Fig. 6. Phonetic Dictionary Sample Lines.

The dictionary can contain alternative pronunciations, as seen from Fig. 6, where the word "أمـام" is completely different from the diacritic version of the same word "أَمَـامْ" since the pronunciation is very different. For accurate results, the dictionary has to contain all pronunciation variations of all the expected commands.

Different phone sets template exists in CMU-Sphinx4 for phonemes representation like IPA and SAMPA. CMU-Sphinx4 provide enough flexibility to deal with phones and their processing. Table 3 shows the lists of Arabic phoneme sets that are used for transcription and their representation in English symbols.

Table 3. Arabic phoneme list used in training with their transcription

Phoneme	Arabic Letter	Phoneme	Arabic Letter
SIL	–	TT	ط
A	ـَ	AI	ع
AE	ـَ	F	ف
:AE	اَ–	Q	ق
AA	ـَ–	K	ك
IY	ـِي	L	ل
IX	ـِ	M	م
:IX	ـِ–	N	ن
E	ءَ	Y	ي
B	ب	TT	ط
HH	ح	AI	ع
KH	خ	F	ف
R	ر	Q	ق
S	س	K	ك

To identify words by the recognizer, they must be in both dictionary, and the language model, otherwise it will not be recognized. Moreover, the dictionary may contain some extra unused- words, they have no effect and they could be removed or left. The final phonetic transcriptions of the Arabic commands with and without discretization are shown in Table 4. The Arabic words in Table 4 are based on the phonetic unit that will be used by the proposed system. The proposed ASR systems were designed to use Arabic phonemes as the phonetic unit.

Table 4. Phonetic dictionary of 14 words and their transcription.

Words	Phonetic Representation	Words	Phonetic
أمام	AA M A M	بَطِيءْ	B AE TT IY E IX
أَمَامْ	E AE M AE: M	يسار	Y S AE: R
خلف	KH AA L F	يَسَارْ	Y AE S AE AE: R
خَلْف	K HH AE L IX F	يمين	Y AE M IY N
سريع	S AE R IX: AI	يَمِينْ	Y AE M IY N
سَرِيعْ	S R IX: AI	قف	Q IX F
بطيء	B TT IY E		

Building the Language Model:

The language model is an important component of the configuration, which tells the decoder which sequence of words it is possible to recognize. Generally, there are two types of models to describe a language: the grammar and the statistical language models. The grammar model describes simple types of language for command and control. The grammar model is usually handwritten or automatically generated. In this paper, the statistical language model is used and automatically generated using an online tool from a CMU-Cambridge statistical language model toolkit called SIRLM to extract the n-gram for each word. SRILM is a toolkit for creating language models (LMs), which are frequently used in speech recognition, and machine translation. The statistical language model describes more complex language. The statistical model

The proposed system has been trained and tested using the sphinx-4 ASR system. The proposed recognizer is developed and run on several phases, which include: i) Data collection and building the corpus, ii) Data set pre-processing, including the use of Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) to extract the set of informative features from the corpus, iii) Speech processing (Training), and iv) Speech processing testing and accuracy calculations. Fig. 5 illustrates the phases of the proposed discrete recognition system.

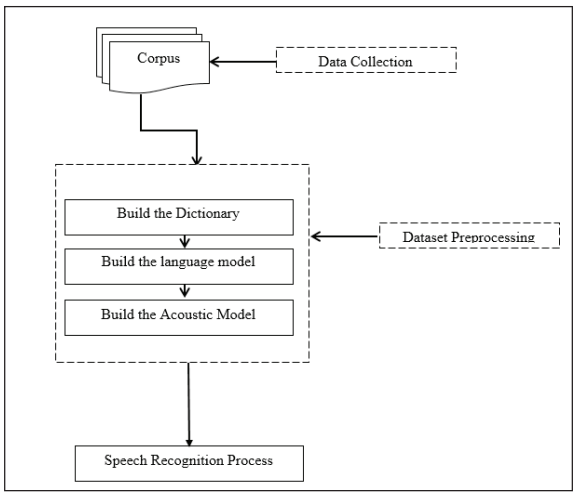


Fig. 5. Main Steps of Proposed Recognition System.

Data Collection (Building the Corpus):

The proposed discrete Arabic command recognizer starts with preparing the corpus where Arabic words and utterances were collected from different speakers. The corpus consists of 700 discrete audio files (15 males and 5 female speakers). The 20 speakers were asked to utter seven different predetermined commands 5 times each. Table 1 summaries the description of the corpus used. Speakers were selected from the handicapped society in North Jordan. The handicapped speakers came from different areas of Northern Jordan and all had complete physical disability except speech. The corpus was limited, since the work targeted handicapped people resident in the north of Jordan only. Naturally, the corpus can be extended to include a wider range of speakers, and not necessarily handicapped speakers. However, since this research is oriented towards handicapped, it was decided to record utterances from only those completely physically impaired subjects. The northern society for the handicapped has only 5 females and 15 males suffering from such a disability.

Table 1. The Corpus Summary

Gender	Count	# of Commands & # of Utterance	Total
Male (M)	15	Uttered 5 7	Audio-Wave 525
Female (F)	5	Uttered 5 7	Audio-Wave 175
Total # of Audio-Wave Files:			700

Using the Audacity software tool for sound manipulation, the files with the specifications showed in Table 2 were generated. The corpus was divided into 70% for training (490 Audio files) and 30% for testing (210 Audio files)

Table 2. Audio File Specifications

Parameter	Values
Sampling Rate	Hz 16000
Output	bit 16
Type	Little Indian
Format	WAV, Mono

Dataset Pre-processing:

This phase of the recognition system has three sub-phases, which included building the phonetic dictionary, building the language model, and building the acoustic model. Each of these sub-phases had its own requirements and processing.

Building the Phonetic Dictionary:

The collected wave files had to be converted to their corresponding MFCC files. It is preferable to keep the same file name. In fact, the extensions of these files are "*.mfc*". The

$$C_i = \sum_{k=1}^{N} X_k cos\left(\frac{[\pi_i(k-0.5)]}{N}\right), \quad for\ i = 1,2,\dots,p \qquad (1)$$

where C_i are the cepstral coefficients, p is the order, k is the number of discrete Fourier transforms magnitude coefficients, X_k is the kth order log-energy output from the filter bank, and is the number of filters (usually 13 in our case). Thus, 12 coefficients and an energy feature were extracted, forming 13 MFCC features.

Since the commands are of different lengths, a 13-feature representation of each Arabic word (Command) were extracted for all the acoustic waves as MFCC files corresponding to the acoustic waves.

Hidden Markov Model (HMM):

Training the speech recognizer either continuous or discrete is usually done by HMM model. Hidden Markov Model (HMM) is established by Markov (Baum and Petrie, 1966) and (Rabiner and Juang, 1986), which is a model statistically based on Markov chain for Markov processes. It is used to model time wrapping systems with unobserved (hidden) states (Das and Nahar, 2016). HMM consists of a set of states with transition probabilities from one state to another. There is a hidden state, which depends on the observed state and formulates a stochastic process in order to predict or classify unobserved state. Fig. 4 shows three states of HMM model of an acoustic wave (adapted from[1]), which can be used to represent the Arabic phoneme. This phoneme is composed of three states (start state (S1), suspending state (S2), and exit state (S3)), respectively. The P11 is the probability to be in the same state, while P12 is the probability to move from S1 to S2; and so on until S3 is performed at the end of the phoneme. The HMMs of Arabic phonemes that represent and utterance (for example, a spoken sentence) make a chain called Markov chain. The HMM is a time series learning algorithm, which is usually used in speech recognition with Gaussian Mixture distribution for accurate learning.

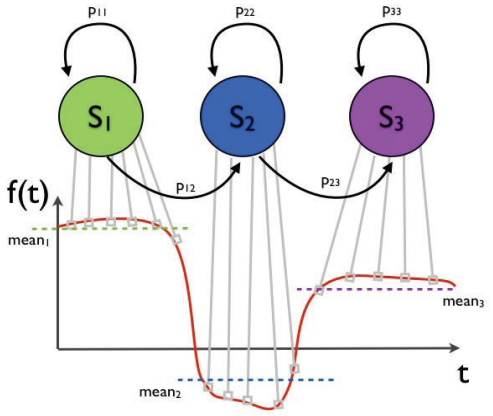


Fig. 4. General framework of Three States HMM algorithm.

PROPOSED APPROACH

In this research, the Arabic command recognition wheelchair was considered in order to ease the life of those with complete physical disability by data collection and features extraction. Fig. 5 illustrates an overview of the proposed recognition system. The novelty of the proposed approach includes the following:

1. A general framework for Arabic commands recognition using Sphinx4 ASR was produced.
2. A corpus recorded and for completely physically handicapped persons was built by a handicapped society in northern Jordan. Seven Arabic words (Commands) were uttered specifically for the chair movement.
3. The Via-Voice control model for Arabic handicapped persons is more realistic and can be extended to include more commands in the future, unlike other similar models which are hardware-dependent like the one in Nishimori *et al.* (2007)
4. All possible pronunciations of the commands are taken into considerations which have made the model more accurate.
5. The support and dedication to Arabic language were not fully supported before.
6. Results in terms of the accuracy of the model shows its superiority over other similar works.

(1) https://cutt.us/Prh06.

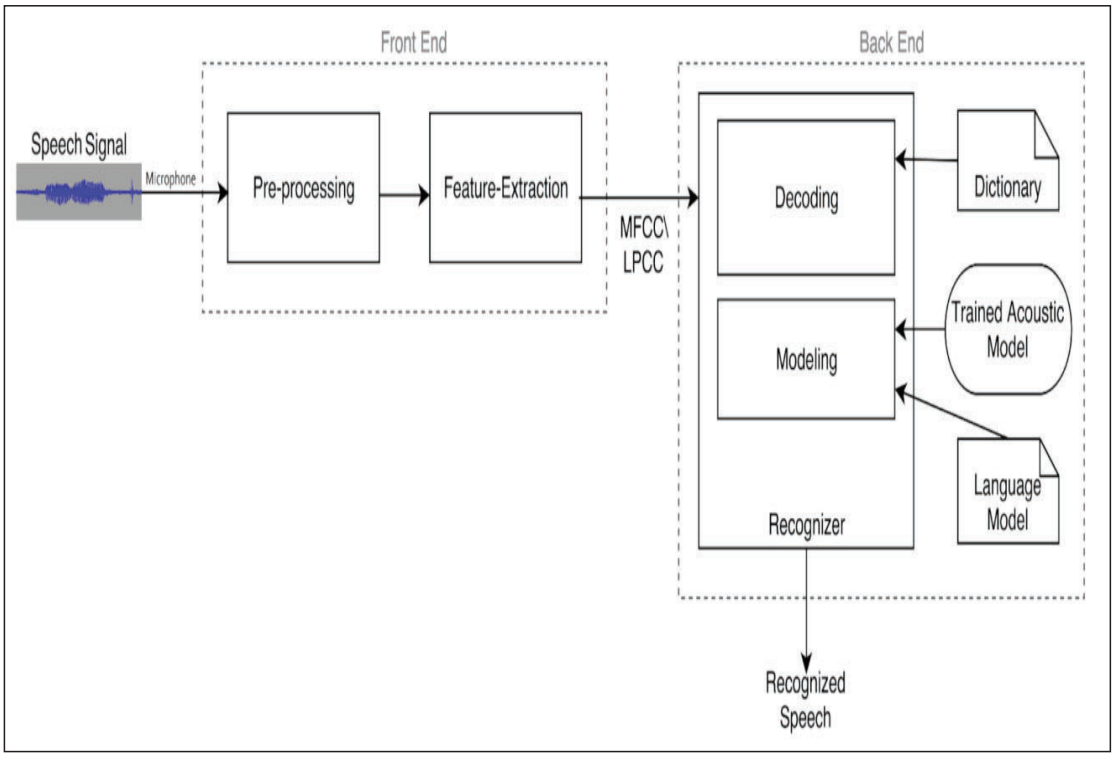


Fig. 2. Components of Automatic Speech Recognition (ASR).

Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC):

MFCC is a short-period power spectrum of sound wave representation. Mel frequencies are based on the human ear's respond to bandwidth variation below 1 kHz frequencies and logarithmically at higher ones to capture the phonetically important characteristics of speech (Majeed et al., 2015). In speech recognition, the correct form of pronunciation depends on the context and controlled by the speaker's voice. Moreover, the more closeness of the pronunciation to modern standard Arabic the more its correctness. The steps involved in MFCC extraction are illustrated in Fig. 3. The MFCC is calculated using- Equation 1 and its implementation was carried out based on MFCC Algorithm in (Nahar et al., 2016).

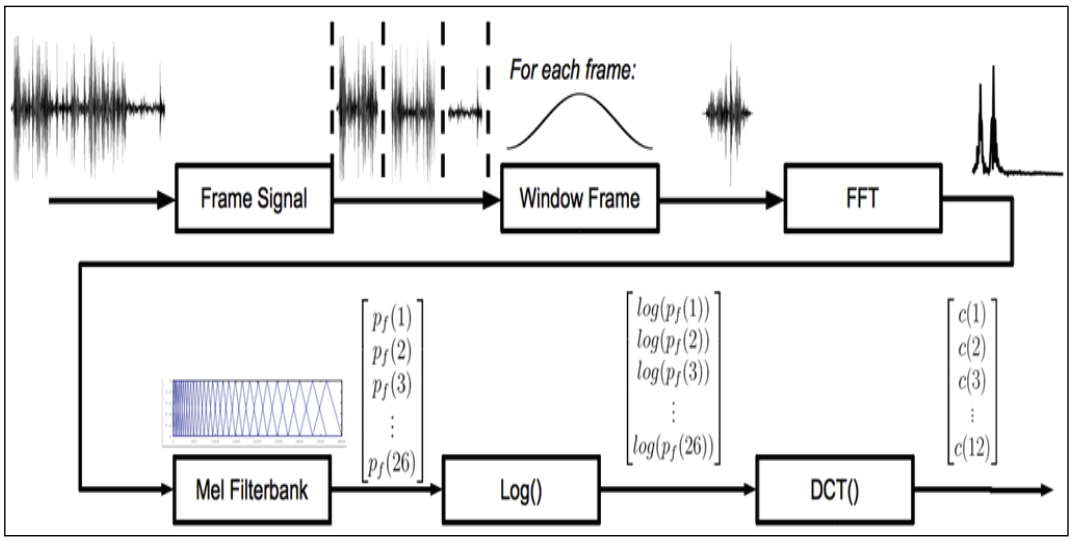


Fig. 3. MFCC Feature Extraction Steps (Nahar *et al.*, 2016).

its alphabet (Diehl *et al.*, 2012) and (Ali *et al*., 2015a). Arabic language ASR research is still in its infancy compared to research in other languages (Zarrouk *et al*., 2014). Many Arabic ASR researchers use different learning algorithms such as Hidden Markov Models (HMM), SVM and hybrid from multi-system (Zarrouk *et al*., 2014) and (Ali *et al.*, 2015b).

For effective natural speaker-independent Arabic continuous speech recognition, (Abushariah *et al.*, 2010)implementation, and evaluation of a research work for developing a high performance natural speaker-independent Arabic continuous speech recognition system. It aims to explore the usefulness and success of a newly developed speech corpus, which is phonetically rich and balanced, presenting a competitive approach towards the development of an Arabic ASR system as compared to the state-of-the-art Arabic ASR researches. The developed Arabic AS R mainly used the Carnegie Mellon University (CMU) and Abdou *et al.* (2014) developed a system that aims to promote a phonetically rich and balanced speech corpus for the Arabic ASR system. The authors used the CMU-Sphinx4 tools with the Cambridge HTK tool. For the tri-phone acoustic modeling, the authors used a five- stage HMM with three pronouncing states. The model includes uni-gram, bi-gram, and tri-gram words. For evaluating the proposed system, the authors trained the system with 7 hours of phonetically rich recordings. They also use another one hour of the recorded corpus for testing purposes. The results obtained reveal 92.67% accuracy for word recognition with 11.27% Word Error Rate (WER) for the same speaker using different utterances. In general, the proposed system yields an accuracy of 95.92% for word recognition with 5.78% Word Error Rate over different speakers reading the same sentences. On the other hand, the proposed system achieves 89.08% word recognition accuracy with 15.59% word Error Rate if different speakers read different sentences. Recently, researchers worldwide have tended to employ various techniques for Arabic speech recognition systems. These techniques include segmentation, vector quantization and hybrid techniques. For instance, (Frihia and Bahi, 2016) present a system for speech recognition by using automatic Arabic speech segmentation The system depends on HMM. However, such approaches require a special corpus of transcribed, recorded, and categorized data. Abdou *et al*. (2012*)* and Nahar *et al.* (2016) offer a hybrid algorithm for recognition. Mainly the algorithm is a combination between linear vector quantization (LVQ) with a hidden Markov model (HMM). The hybrid algorithm was able to recognize and identify Arabic sounds in continuous speech recognition. An Arabic corpus of multiple TV news recordings was used for the training and testing along with a data driven approach to extract the training characteristic vectors for neighboring correlation information. Their approach generates the phoneme by a splitting algorithm. The generated phonemes were modeled using a learning vector quantization algorithm to achieve 89% recognition accuracy of the Arabic phonemes.

BACKGROUND

General ASR System:

The process of speech recognition has two components: Front-End and Back-End. The Front-End receives the speech signals from an outer source (such as the live speech from a microphone or an audio file as streamed speech). In the pre-processing, some signal characteristics were enhanced in order to achieve accurate results. The feature extraction process is done using the MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) technique. The Back-End is responsible for pattern matching, decoding and mapping between the extracted features and the phonetic dictionary, and modeling the language. The components of a general ASR system are illustrated in Fig. 2.

Integrated Circuit (PIC), and then it will be reflected as a movement on the wheelchair. The proposed ASR system recognizes seven isolated Arabic words. Using the speech recognizer (SMU-Sphinx4), which support Arabic language speech recognition, a working prototype of the proposed approach was implemented. SMU-Sphinx4 recognizer is an open source speech recognizer that is based on Hidden Markov Model (HMM) of three states.

In this research, the words used to represent a set of commands to control the wheelchair of the disabled user. However, the idea could be extended to cover other equipment such as Unmanned Arial Vehicles (UAV) or for controlling games. This research focuses on serving those physically impaired persons with complete disability whose mother tongue is Arabic. Any application that can be adapted in the same way can be implemented via voice systems.

This paper is organized as follows: The literature review section provides a comprehensive overview of previous works. The next section is a background and some information about ASR system and Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) algorithm. After that, the proposed approach is introduced followed by the experimental results and discussion with précised calculations are shown. Finally, the conclusion of the work and possible future direction are given. References are provided at the end of the research paper.

LITERATURE REVIEW

This section discusses speech recognition in general and the previous speech recognition systems used for Arabic language. In our world, many people are completely disabled and that prevents them from carrying out everyday activities. Because of this, the objective of this paper is to propose, design, and develop an Arabic voice- recognition system suitable for operating a motorized wheelchair. The proposed Automatic Arabic Speech Recognition System (AASRS) could replace traditional wheelchairs that require a human interaction (via a joystick) or human assistance. The ASR systems are defined as a set of methods for converting voice signals into a series of words or linguistic units (Al-Qatab and Ainon, 2010) an Arabic dictionary was built by composing the words to its phones. Next, Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC. ASR has become widely adopted in different types of applications such as those that targeted disabilities in order to facilitate their interactions with the environment easily (Satori *et al*., 2007). In the following subsections, the concepts of SRS and ASR are briefly presented.

Speech Recognition System (SRS):

Speech recognition refers to applications that identify spoken words or sentences through a computer. The goal is to convert the recognized spoken words into a format readable by a machine or a human. Speech recognition systems (SRSs) may be phoneme-based or syllable-based so that the recognizer can identify the closest spoken words or phrases. The SRS usually depends on a language model to enhance recognition accuracy (Allen *et al.*, 2000) and (Al-Barhamtoshy *et al.*, 2014)

Arabic ASR System:

One of the oldest Semitic languages in the world is the Arabic language, which is officially the sixth most spoken languages and one of the formal United Nations languages. There is an official Arabic linguistic form known as Modern Standard Arabic (MSA), which is used in formal media, courtrooms, offices, schools, and universities (Abdul-Mageed *et al*., 2014) and (Kirchhoff *et al.*, 2002). Recently, many Automatic Speech Recognition (ASR) systems have been proposed in the field of Arabic Speech Recognition. The earliest Arabic ASR systems were developed to recognize the MSA, because there are many challenges such as lack of lexical variety and data sparseness in Arabic in general, and it is also one of most complex languages due to the morphological variations of the letters in

Handicapped Wheelchair Movements Using Discrete Arabic Command Recognition

Khalid M.O. Nahar[1], Moyawiah al-shannaq[1], Rafat Alshorman[1], Ra'ed M. Al-Khatib[1], Mohammad Ashraf Ot.tom[2]

(1) Computer Science Department, Faculty of Information Technology and Computer Sciences, Yarmouk University, Irbid, Jordan

(2) Computer Information Systems Department, Faculty of Information Technology and Computer Sciences, Yarmouk University, Irbid, Jordan

Received 20 December 2018 - Accepted 4 September 2019

https://doi.org/10.37575/b/com/2034

ABSTRACT

Automatic Speech Recognition (ASR) is an effective and widespread method used to interpret the human voice into commands. Over the past few decades and due to the great evolution in data science, the processing of speech has been embedded in various new technologies. The benefits of such evolution motivated us to develop a discrete voice system for controlling the wheelchair movements for Arab people with physical impairment (handicapped people). The wheelchair *via* voice system was able to recognize seven isolated words in the Arabic language. The approach uses the CMU-Sphinx4 ASR for evaluating the effectiveness and the accuracy of the recognition system. A corpus was built, and then the system was trained on 70% of this corpus and tested using the rest of 30%. The experiments reveal that the recognition rate of the proposed approach is 96%. The average level of accuracy of the real experiment and corpus-based testing experiment reached 94%.

Keywords: Acoustic Model, Arabic Speech Recognition, Handicapped, Hidden Markov Model, Language Model, Wheelchair.

INTRODUCTION

Speech is the main method of communication for information exchange among humans. Therefore, mutual understanding among humans takes place through speech. Difficulties in communication using speech do arise, due to the variety of spoken languages. Recently, many computer applications in the field of computational linguistics have been used intensively to research the problem of recognizing and translating spoken language (Jurafsky, 2000). The productivity of such software applications statistically enhances and enriches the disciplines within the natural language processing field (Jurafsky, 2000).

Physically handicapped persons need a wheelchair for their daily activities inside or outside home. Using human hands in moving the chair is exhausting; hence, it is preferable to move it using some automotive manner such as speech control. This could be achieved by translating vocal Arabic commands into electrical and mechanical actions to initiate a motor for moving the wheelchair. Based on these facts, Automatic Speech Recognizer (ASR) is to be produced to recognize discrete pronounced commands. Fig. 1 shows the general framework of an ASR system.

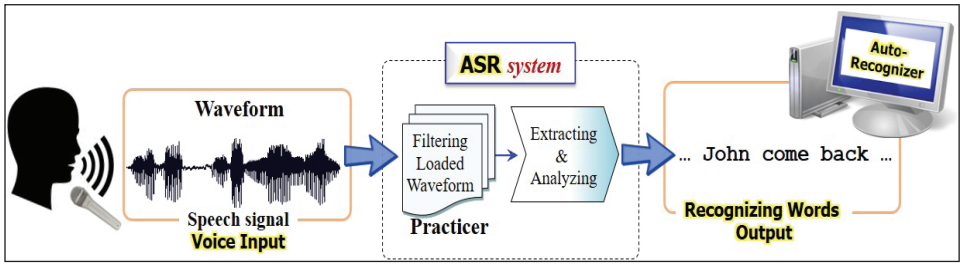


Fig. 1. General framework of the Automatic Speech Recognition (ASR) system for recognizing spoken words.

As shown in Fig. 1, the spoken words are processed by the ASR to convert them into written commands that are interfaced with the wheelchair through the Programmable

تأثير السمية النباتية للمستخلص المائي لأوراق نبات العشر (*Calotrois procera* (Aiton) W.T) على إنبات بذور بعض محاصيل الحبوب باستخدام تحليل «Probit»

عوض الله بلال دفع الله وسلوى جاد كريم عثمان

قسم وقاية المحاصيل، كلية العلوم الزراعية، جامعة الجزيرة، واد مدني، السودان.

استلام 19 فبراير 2019م – قبول 27 اغسطس 2019م

https://doi.org/10.37575/b/agr/2056

الملخص

العديد من النباتات تعوق تطور نباتات أخرى؛ لأنها تطلق العديد من المركبات الكيميائية في البيئة. أجريت هذه الدراسة للتحقق من تأثير السمية النباتية للمستخلص المائي لأوراق نبات العشر [*Calotropis procera* (Aiton) W.T] على تثبيط إنبات بذور الذرة الرفيعة (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) والدخن (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) والذرة الشامية (*Zea mays* L.) والقمح (*Triticum aestivum vulgare* L.) باستخدام تحليل «probit». أجريت التجارب في جامعة الجزيرة بالسودان في موسم 2014/ 2015، تم تحضير 10 تركيزات (2.11 الى 21.05 جم / لتر) من المستخلص المائي لأوراق نبات العشر من المحلول الأساس (50 جم / لتر)، وتم تضمين المعاملة الشاهد المحتوية على الماء المقطر المعقم للمقارنة، وتم ترتيب المعاملات في تصميم كامل العشوائية بأربع مكررات، وتم فحص تأثير المستخلص المائي على تثبيط الإنبات في ثلاثة أيام بعد الإنبات الأوليّ، وخضعت البيانات لتحليل «Probit». أظهرت النتائج أن المستخلص المائي لأوراق نبات العشر له تأثير مثبط على إنبات بذور محاصيل الحبوب التي تم اختبارها، وكانت هناك علاقة موجبة مباشرة بين التركيز (جم / لتر) ونسبة التثبيط، كما أظهرت النتائج أيضًا أن قيمة التركيز القاتل النصفي (LC_{50}) للذرة والقمح والدخن والذرة الرفيعة كان 17.6 ، 17.0 ، 19.2 و 16.7 جم / لتر، على التوالي. تم استنتاج أن المستخلص المائي لأوراق نبات العشر له تأثير سام على بذور محاصيل الحبوب التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية: حشائش، سمية، عشبة، النجيليات.

Hussain, I. M., and Reigosa, M. J. 2011. Allelochemical stress inhibits growth, leaf water relations, PSII photochemistry, non-photochemical fluorescence quenching, and heat energy dissipation in three C3 perennial species. Journal of Experimental Botany. 62(13): 4533-4545.

Jabran, K., Farooq, M., Hussain, M., Rehman, H., and Ali, M.A. 2010. Wild oat (*Avena fatua* L.) and canary grass (*Phalaris minor* Ritz.) management through allelopathy. Journal of Plant Protection Research. 50: 32–35.

Lebedev, V.G., Krutovsky, K.V., and Shestibratov, K.A. 2019. Fell Upas Sits, the Hydra-Tree of Death, or the Phytotoxicity of Trees. Molecules. 24(8): 1-58.

Olofsdotter, M. 1998. Allelopathy in rice. P 7-26 . *In:* Olofsdotter, M. (Ed.). Proceeding of the Workshop on Allelopathy in Rice, 25–27 November 1996. Manila, Philippines.

Parsons, W.T., and Cuthbertson, E.G .2001. Noxious weeds of Australia, Seconds edition. Csiro Publishing, Melborn.

Razzaq, A., Cheema, Z.A., Jabran, K., Hussain, M., Farooq, M., and Zafar, M. 2012. Reduced herbicide doses used together with allelopathic sorghum and sunflower water extracts for weed control in wheat. Journal of Plant Protection Research. 52: 281-285.

Samreen, U., Hussain, F., and Sher, Z. 2009. Allelopathic potential of *Calotropis procera* (AIT.) R. Br. Pakistan Journal of Plant Science. 15: 7–14.

Shah, R.H., Baloch, M.S., Zubair. M., and Khan, E.A. 2017. Phytotoxic effect of aqueous extracts of different plant parts of milkweed on weeds and growth and yield of wheat. Planta Daninha. 35. retrieved on 9- 2-2019 from: https://cutt.us/ALCfC.

Sharma, R., Thakur, G.S., Sanodiya, B.S., Savita, A, Pandey, M., Sharma, A., and Bisen, P.S. 2012. Therapeutic potential of *Calotropis procera*: a giant milkweed. Journal of Pharmacy and Biological Sciences. 4(2): 42–57.

Sharma, A. K, Kharb, R., and Kaur, R. 2011. Pharmacognostical aspects of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2(3): 480–488.

Singh, P. A., and Chaudhary, B. R. 2011. Allelopathic potential of algae weed *Pithophora oedogonia* (Mont.) Ittrock on the germination and seedling growth of *Oryza sativa* L. Botany Research International. 4(2): 36-40.

Tawaha, A. M., and Turk, M. A. 2003. Allelopathic effects of black mustard (*Brassica nigra*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). Journal of Agronomy and Crop Science. 189: 298–303.

Umar, S., Shuaib, N. H, Dangora, I. I. and Hassan, K. Y. 2014. Evaluation of allelophatic effects *Calotropis procera* on sorghum and corn. Standard Scientific Research and Essays. 2(8): 345-349.

Umar, S.B.S.A., and Mustapha, Y. 2014. Allelophatic effect of *calotropis procera* on millet and sorghum. Unique Res J Agric Sci. (2): 37-41.

Viter, A. V., Polevik, O. V., and Dzjuba, O. I. 2015. Current trends in the studies of allelochemicals for their application in practice. Ecologia Balkanica. 7(1). 135-148.

Wang, C, Jiang, K., Zhou, J., and Liu, J. 2017. Allelopathic suppression by *Conyza canadensis* depends on the interaction between latitude and the degree of the plant's invasion. Acta Botanica Brasilica. 31(2): 212-219.

Yasin, M., Safdar, M. E., Iqbal, Z., Ali, A., Jabran, K., and Tanveer, A. 2012. Phytotoxic effects of *Calotropis procera* extract on germination and seedling vigor of wheat. Pakistan Journal of Weed Sciences Research. 18: 379–392**.**

Zeng, R. S, Mallik, A. U., and Luo, S. 2008. Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. Springer-Verlag, Berlin.

that the leaves contain mainly tannins, flavonoids, glycosides, steroids, saponins, and cardiac glycosides that might contribute its allelopathic effect (Sharma *et al*., 2011; Umar and Mustapha, 2014). The presence of chemical compounds like coumarin, flvonoids, resin, phenol, and alkaloid in different parts of apple of Sodom, regardless of their quantity, has been found to prevent cell division, reduce induction and alter the stability of phytohormones, defect absorption and delivery of water in plant tissues. It is also reported that the aqueous leaf extract of apple of Sodom has allelopathic properties including germination inhibition and yield reduction (Chon *et al*., 2002; Ghasemi, *et al*., 2012).

CONCLUTION

It is concluded that the leaves aqueous extract of apple of Sodom had toxic effect on the seed germination of the tested cereal crops. Therefore, it is necessary to take into account the effective management of apple of Sodom in the fields of cereal crops to prevent its adverse effect the seed germination rate and the density of the crops stand. Subsequent studies are expected to reveal the extent to which the active substances that present in different parts of the plant can be used to produce rational measures to combat weeds.

REFERENCES

Akhtar, R., Manzoor, S. A., Khaliq, M. A., Din, H. u., Iqbal, M. F., Hussain, I., and Umar. H. M. I. 2013. Phytotoxic potential of *Calotropis procera* against germination behavior and morphological growth performance of lentil (*Lens culinaris*). International Journal of Biosciences. 3(12): 161-168.

Al-Zahrani, H.S., and Al-Robai, S. A. 2007. Allelopathic effect of *Calotropis procera* leaves extract on seed germination of some plants. J king Abdullah U. 19: 115–126.

Aslam, M. M., Jamil, M., Malook, I., Khatoon, A., Rehman, A., Khan, P., Shakir, Sh. U. Kh., Irfan, Sh., Ullah, F., Bashar, Kh. U., Afrid, M., and Rehman, Sh. U. 2016. Phytotoxic effects of *Calotropis procera*, *Tamarix aphylla* and *Peganum harmala* on plant growth of wheat and mustard. Pakistan Journal of Agricultural Research. 29(1): 43-52.

Chon. S.U., Choi, S.k., Jung, S.D., Pyo, B.S, and Kims, M. 2002. Effects of alfalfa leaf extract and phenolic allelochemicals in early seedling growth of barnyard grass. Crop Prot. 5: 1077-1082.

D'Souzaa, R.J., Varuna, M., Masihb, J., and Paul, M.S. 2010. Identification of *Calotropis procera* L. as a potential phytoaccumulator of heavy metals from contaminated soils in urban North Central India. Journal Hazardous Materials. 184: 457–464.

Einhelling, F. A. 2002. The physiology of allelochemicals action: Clues and views. P. 316. *In:* Reigosa, M. J., and Pedrol, N. (Eds.) Allelopathy from Molecules to Ecosystem. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.

Farooq M., Abran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A., and Siddique, K. H. 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science. 67: 493-506.

Farooq, M., Jabran, K., Rehman, H., and Hussain, M. 2008. Allelopathic effects of rice on seedling development in wheat, oat, barley, and berseem. Allelopathy Journal. 22: 385–390.

Ghasemi, S., Ghasemi, M., Moradi, N., Shamili, A. M. 2012. Effect of *Calotropis procera* leaf extract on seed germination of some plants. Journal of Ornamental and Horticultural Plants. 2(1): 27–32.

Gholami, B. A., Faravani, M., and Kashki, M. T. 2011. Allelopathic effects of aqueous extract from *Artemisia kopetdaghensis* and *Satureja hortensis*on growth and seed germination of weeds. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 1(9): 283-290.

Gulzar, A., and Siddiqui, M. B. 2017. Allelopathic effect of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. on growth and antioxidant activity of *Brassica oleracea* var. botrytis. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 16: 375–382.

Hassan, L. M., Galal, T. M., Farahat, E. A., and El-Midan, M. M. 2015. The biology of *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Trees. 29: 311–320.

compounds presence in the leaves aqueous extracts of apple of Sodom. This result is consistent with those of Yasin *et al*. (2012) who indicated that apple of Sodom possesses organic chemical compounds that have the potential to be dissolved in water and hindered other plant development *via* suppressing the induction of important secondary metabolites such as phytohormones. The presence of water-soluble allelochemical compounds in the water extract of apple leaves have the ability to delay seed germination of the plants as well as inhibit the growth and development of the plants (Samreen *et al*., 2009). Similar results were found by Akhtar *et al*. (2013) who pointed out that the leaf extract of apple of Sodom imposed adverse allelopathic effects on seed germination and the adverse effects was enhanced with further increment in the concentration in the extract.

The results showed a direct negative relationship between concentration (2.11 – 21.05g/l) and germination that might be as a result of the concentration of the toxic compound in the extract. The results are also supported by Gulzar and Siddiqui (2017). They studied the effect of aqueous extract of apple of Sodom on seed germination of some crops and concluded that the inhibition in seed germination after treatment by the aqueous extracts is due to the damage caused to the seed membrane system. They reported that seed germination inhibition was concentration dependent. Al-Zahrani and Al-Robai (2007) found that the leaves aqueous extract of apple of Sodom (at 5, 10, 20, 40 and 60 %) has phytotoxic effect on seed germination of solanaceous crops and the germination percentage was reduced with increasing concentration of the aqueous extract. The delay in seed germination and the reduction in germination index might be due to the presence of water-soluble inhibitors in apple of Sodom extract (Yasin *et al*., 2012). Furthermore, apple of Sodom has powerful toxic effect that makes it a potent candidate for bi-rational management of agricultural pests (Samreen *et al*., 2009). Inhibition of the seed germination as a result of allelochemical stress might be attributed to inhibition of water uptake, gibberellic acid activity, cell division and elongation during germination process (Olofsdotter, 1998; Tawaha and Turk, 2003).

The current results showed that leaves aqueous extract of apple of Sodom inhibited seed germination of sorghum, millet, corn, and wheat. These results are in accordance with previous studies reported Umar *et al*. (2014). They carried out a pot experiment to investigate the allelopathic effect leaf aqueous extract of apple of Sodom at different concentrations (0,5,10,15 and 20%) on the growth of sorghum and corn. They concluded that leaf aqueous extract has poisonous effects that can suppress leaf production and plant height as well as fresh and dry weight of sorghum and corn (Umar *et al*., 2014). In addition, Al-Zahrani and Al-Robai (2007) confirmed that apple of Sodom has potent toxic impact on healthy growth of beneficial plants.

This research results is also consistent with those of Shah *et al*. (2017) who studied the allelopathic effects of aqueous extracts of leaves, stems, and root of apple of Sodom on wheat crop at various concentrations. They concluded that apple of Sodom must be removed near wheat fields, because it releases some allelopathic compounds that cause serious losses to the crop. The current result are in agreement with that of Aslam *et al*. (2016). They designed an experiment to find out phytotoxic effects of apple of Sodom on seed germination and seedling length of wheat. It is found that leaves aqueous extracts of apple of Sodom have a toxic and inhibitory effect for the germination of seeds and seedlings growth of wheat. Also, it is reported that the inhibitory effect increases with the increase of extracts concentration. It is thus concluded that this inhibition is due to the presence of different compounds in the leaves aqueous extracts.

The plant has allelopathic behavior and has extensively been used for the control of many plants. The phytochemical studies on the aerial parts of the plant showed

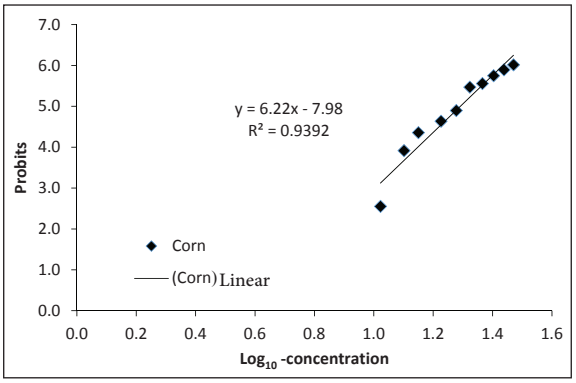


Fig. 3. Relationship between Log_{10} of concentration of leaves aqueous extracts of apple of Sodom (*C. procera*) and probit of inhibition (%) of seed germination of corn

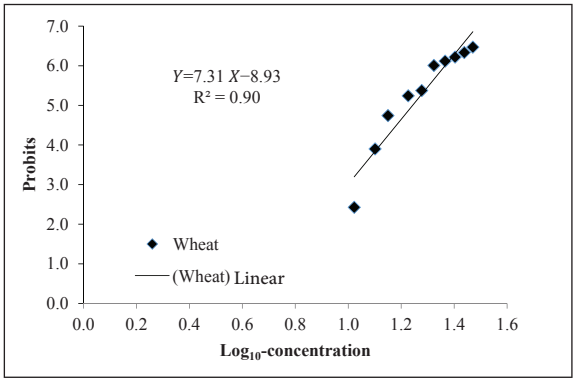


Fig. 4. Relationship between Log_{10} of concentration of leaves aqueous extracts of apple of Sodom (*C. procera*) and probit of inhibition (%) of seed germination of wheat

Phytotoxic effect on sorghum

Simple linear regression equation was Y=7.27 X-9.05. The value of coefficient of simple determination (R^2) was 0.95.The LC_{50} and LC_{90} were 17.6 and 26.4 g/l, respectively (Table 1).

Phytotoxic effect on millet

The simple linear regression equation wasY=6.08 X-7.48. The value of coefficient of simple determination (R^2) was 0.90. The LC_{50} and LC_{90} were 17.0 and 27.6 g/l, respectively (Table 1).

Phytotoxic effect on corn

The simple linear regression equation wasY=6.22 X-7.98. The value of coefficient of simple determination (R^2) was 0.94. The LC_{50} and LC_{90} were 19.2 and 30.8 g/l, respectively (Table 1).

Phytotoxic effect on wheat

The simple linear regression equation was Y=7.31 X-8.93. The value of coefficient of simple determination (R^2) was 0.90. The LC_{50} and LC_{90} were 16.7 and 124.9 g/l, respectively (Table 1).

Table 1. Phytotoxic effects of the leaves aqueous extracts of apple of Sodom (*C. procera* W.T) on inhibition (%) of seed germination of some cereal crops using probit analysis

Cereal crops	No. of Tested (.seeds (Rep	Inhibition % values (Confidence limits 95%)		Slope ± SE	χ^2	Df	.Sig
		LC_{50}	LC_{90}				
Sorghum	(4) 400	17.6 (16. 5-16.6)	26.4 (24.8-29.9)	0.25 ± 27.7	83.9	8	[a] 0.000
Millet	(4) 400	17.0 (15.4-18.5)	27.6 (24.7-33.0)	0.24 ± 6.08	137.5	8	[a] 0.000
Corn	(4) 400	19.2 (18.3-20.0)	30.8 (28.6-33.4)	0.24 ± 6.22	41.9	8	[a] 0.000
Wheat	(4) 400	16.7 (15.5-17.8)	124.9 (23.0-29.3)	0.25 ± 7.31	102.9	8	[a] 0.000

a. A heterogeneity factor is implemented in the calculation of the limits of the confidence, because the significance level is less than 0.150.

DISCUSSIONS

The results showed that apple of Sodom leaves aqueous extract was toxic to seed germination of the tested cereal crops. There was a positive relationship between concentration (g/l) and inhibition (%). The LD_{50} was ranged between 16.7 g/l and 19.2 g/l and R^2 ranged between 0.90 and 0.95. The suppression of seed germination in this study could be attributed to allelochemical

leaves was measured by measuring cylinder. The final weight (FW), dissolved powder, was calculated using the following equation:
FW = IW - PW
The actual concentration (AC) of the aqueous extract of the leaves was calculated using the following equation:
AC (G/1) = (FW/FV) 1000

Bioassay procedure

Ten concentrations (n) of the leaves aqueous extract were prepared by sequential dilution of the stock extract with sterilized-distilled water to give 2.11, 4.21, 6.34, 8.42, 10.53, 12.63, 14.13, 16.84, 18.94, and 21.05 g/l. A control with sterilized-distilled water was included for comparison. Glass fiber filter papers were placed in 9 cm Petri dishes. One hudred seeds, for each tested crop, i.e. sorghum, millet, corn, and wheat, were placed on a glass fiber filter paper. The seeds on the papers were wetted with an aqueous extract of the leaves of Apple of Sodom (30 ml). The Petri dishes were then sealed with adhesive tape, kept in a black polyethylene bag and incubated at 30 ° C in the dark. The experiment, of each crop, was laid out in a completely randomized design with four replicates. Crop seeds were checked for germination and inhibition of germination during three days from the onset of germination. The percentage of the inhibition of seed germination was calculated using the following equation:
Inhibition (%)= (*Total number of seeds-number of germinated seeds*) / *Total number of seeds* × 100

The inhibition (%) was corrected using Abbott's formula. It is given by:
Corrected Inhibition (%)=(X-Y)/X×100

Where:
X is the % survivorship of the control group
Y is the % survivorship in the experimental group

Statistical analysis

Data were transformed using Abbott's formula and subjected to probit analysis procedure. Results from probit analysis were reported as a concentration to inhibit a certain rate of the tested seeds (LC_{50} and LC_{90}). The statistical analysis was carried out using Microsoft Excel and SPSS software v.16.

RESULTS

The results showed that the leaves aqueous extract of apple of Sodom inhibited the seed germination of the tested cereal crops (sorghum, millet, corn, and wheat) and there was direct positive relationship between concentration (g/l) and inhibition (%) (Fig. 1, 2, 3 and 4).

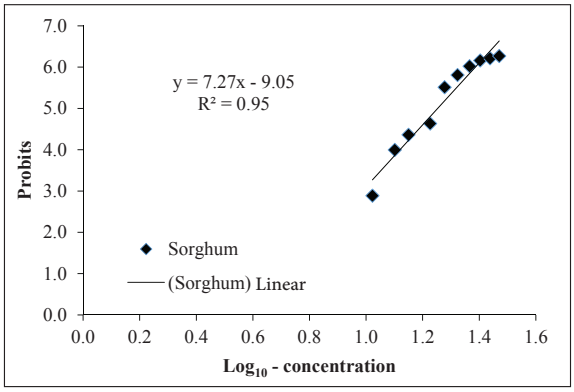


Fig. 1. Relationship between Log_{10} of concentration of leaves aqueous extracts of apple of Sodom (*C. procera*) and probit of inhibition (%) of seed germination of sorghum

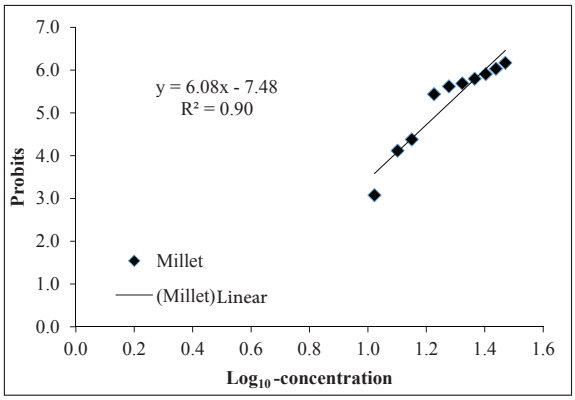


Fig. 2. Relationship between Log_{10} of concentration of leaves aqueous extracts of apple of Sodom (*C. procera*) and probit of inhibition (%) of seed germination

arid and semi-arid zones in the absence of agricultural inputs and without any cultural practice or agricultural operation (Sharma *et al*., 2012). The plant has deep branching roots that permeate the soil granules. The plant scarcely grow on surface soils over un-cracked rock (D'Souzaa *et al*., 2010). The plant develops in open environments, particularly in natural grazing areas or poor soils, where the competition decreases with other weeds. The plant is also spread on the sides of streets and roads, in river and canals arid land, in sand dunes, and in coastal marshland (Parsons and Cuthbertson, 2001). Apple of Sodom communities are important in the performance of ecosystems because the plants creat a suitable environment for the development of insects such as butterflies, and form a good food source for many arthropods. In addition, the plant is used in several countries in the tropics for medical purposes. The non-traditional uses of this plant include the treatment of soil contaminated by toxic trace elements in addition to using the plant biomass as an alternative source of renewable energy (Hassan *et al*., 2015). Apple of Sodom is widely spread close to the fields of important crops such as sorghum and corn, which imposes some negative effects on these crops through allelopathic interactions. Thus, there is a constant risk that it may turn into a noxious herb in agricultural systems (Yasin *et al*., 2012).

Considering the economic importance of cereal crops, this study was carried out to investigate the phytotoxic effects of the leaves aqueous extract of apple of Sodom on germination of the seeds of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), corn (*Zea mays* L.), and wheat (*Triticum aestivum vulgare* L.) using probit analysis.

MATERIALS AND METHODS

Experimental site

A series of germination tests were conducted in the biology laboratory at the Faculty of Agricultural Sciences (FAS), University of Gezira (UofG), Sudan in 2015. The laboratory has an average temperature range between 25 - 30°C and the relative humidity ranging between 60 - 70 %.

Materials collection

The leaves of Apple of Sodom were separated from fully grown plants in the fields of the Experimental Farm of the FAS in season 2014/15 then transported to the biology laboratory of the FAS. The leaves were cleaned out of dust and impurities, washed with sterilized distilled water, and dried by air on the table for 15 days at room temperature in dark to bypass direct sunlight, which may cause unwanted interactions. The dried leaves were triturated and crushed to powder, which was preserved in brown bottles until used. The seeds of sorghum cultivar *Tabat*, millet cultivar *Baladi*, corn cultivar *Hudeiba* I, and wheat cultivar *Imam* were obtained from the local Market of Wad Medani town in the Gezira State, Sudan. The germination percentage of seeds ranged from 95% to 100% and the purity was 100%. The seeds were sterilized with a solution of sodium hypochlorite at a concentration of 1% (v/v) for three minutes with continuous shaking to reduce the incidence of fungal infections. Immediately, the seeds were washed with sterilized distilled water several times, dried, and kept at room temperature until used.

Preparation and calculation of the actual concentration of the leaves aqueous extract

Fifty grams, initial weight (IW), of leaves powder of apple of Sodom were placed in a conical flask, sterilized distill water was added to give a volume of 1000 ml and then the flasks were shaken for 24 hours at room temperature (27±3°C) using an orbital shaker (160 rpm). Subsequently, the aqueous extract of the leaves was filtered by muslin cloth and the leachate was dried and the precipitation (cake) weight (PW) was determined by a sensitive balance. The final volume (FV) of the water extract for the Apple of Sodom

Phytotoxic Effects of *Calotrois procera* (Aiton) W.T. Leaves Aqueous Extract on Seed Germination of some Cereal Crops Using Probit Analysis

Awadallah B. Dafa allah and Salwa G. Osman

Department of Crop Protection, Faculty of Agricultural Sciences
University of Gezira, Sudan.

Received 19 Febraury 2019 - Accepted 27 August 2019
https://doi.org/10.37575/b/agr/2056

ABSTRACT

Certain plants suppress development of other plants by releasing many chemical substances into the environment. This study was carried out to investigate the phytotoxic effects of the leaves aqueous extract of apple of Sodom [*Calotrois procera* (Aiton) W.T.] on seed germination of *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorghum), *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (millet), *Zea mays* L. (corn) and *Triticum aestivum vulgare* L. (wheat) using probit analysis. The experiments were conducted at the University of Gezira in Sudan, in the 2014/15 agricultural season. Ten concentrations (2.11 to 21.05 g/l) were prepared from the stock solution (50 g / l). Sterilized-distilled water was used as control. The experiment for each crop, was laid out in a completely randomized design and the treatments were replicated four times. The crop seeds were checked for germination and its inhibition three days after the onset of germination. Data were subjected to probit analysis procedure ($P \leq 0.5$). The results revealed that apple of Sodom's leaves aqueous extract inhibited seed germination of the tested cereal crops and there was direct positive relationship between concentration (g/l) and inhibition (%). In addition, the result revealed that the LC_{50} was 17.6, 17.0, 19.2 and 16.7 g/l for sorghum, millet, corn and wheat, respectively. It was concluded that that the leaves aqueous extract of apple of Sodom had toxic effect to the seeds of the tested cereal crops.

Key Words: Herb, Poaceae, Toxicity, Weeds.

INTRODUCTION

Certain plants may have the capacity to suppress germination and development of other plants by releasing many chemical substances into the environment (Wang *et al.*, 2017). These chemicals are known as allelochemicals (Singh and Chaudhary, 2011). These allelochemicals are actually secondary metabolites and are phytotoxic (Farooq *et al*., 2011). Phytotoxic impact of these compounds on other plants is usually dominant at early growth stages. The most cited effects include reduction in seed germination and seedling growth (Farooq *et al*., 2008; Jabran *et al*., 2010). Allelochemicals have been defined as compounds synthesized by plants to manage various biological processes (Viter *et al*., 2015). Allelochemicals are formed in leaves, stems, fruits rhizomes, and seed of plants and move to the soil through degradation, perfusion, washing, and volatilization of plant materials (Zeng *et al*., 2008). Allelochemicals disrupt numerous biological functions of plants like absorption of water and nutrients, photosynthesis, respiration and induction of the nucleic acids (Einhelling, 2002; Lebedev *et al*., 2019). Allelochemicals can lower cell division or inhibit auxins that stimulate the development of plant root and shoot systems (Gholami *et al.,* 2011). Allelochemicals, like phenolic compounds, have the ability to hinder the growth of the roots and shoots (Hussain and Reigosa, 2011). Allelochemicals freed into the ecosystem can prevent root and/or shoot prosperity, nutrient absorption, or may adverse the symbiotic relationship that occur in nature, thus destroy the plant's source of nutrients. Allelochemicals could provide a potential source for natural herbicides and biological control agents (Razzaq *et al*., 2012).

Apple of Sodom [*Calotrois procera* (Aiton) W.T.], belonging to the family Asclepidaceae, is a long-lived toxic shrub or short tree. This species is distributed in tropical and subtropical regions of the world in Africa and Asia. The plant population flourish in different soil types ranging from fine to rough texture, and from unsaturated to saline soils (Hassan *et al*., 2015). It survives heavily in

تقييم فعالية جزيئات أوكسيد الزنك النانوي في إكثار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) خارج الجسم الحي

خير الله موسى عواد[1] و أحمد ماضي وحيد المياحي[1] و مازن عوني مهدي[2] و أحمد صالح مهدي الأسدي[3] و محمد حمزة عباس[1]

(1) مركز أبحاث النخيل، (2) قسم الفيزياء، كلية العلوم، (3) قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة
جامعة البصرة ، العراق

استلام 30 يوليو 2018م - قبول 2 ديسمبر 2018م
https://doi.org/10.37575/b/agr/2000

الملخص

تعد الملوثات الميكروبية في مزارع الإكثار النسيجي من التحديات المهمة التي تواجه مراحل الإكثار المختلفة، وأثبتت جزئيات الزنك النانوية فعالية مضادة للميكروبات. جاءت الدراسة الحالية بهدف تقييم فعالية أوكسيد الزنك النانوي على التلوث الميكروبي وظاهرة التزجج وتشجيع نمو أنسجة النخيل المكثرة خارج الجسم الحي. وقُيمت الفعالية للجزئيات النانوية اعتمادا على عدد من المؤشرات؛ منها تكوّن وعدد الأفرع الخضرية ونسبة التلوث ومعايير بيوكيميائية متعددة.

أشارت النتائج إلى وجود زيادة بمقدار ضعفين في معدلات تضاعف المجموع الخضري؛ إذ بلغت المعدلات 88.67 و 93.34 % في معاملتي قبل وبعد التعقيم على التوالي، قياسًا بمعاملة المقارنة التي سجلت 46.6%، كما لوحظت الفعالية ذاتها في صفة الأفرع المتضاعفة في معاملة أوكسيد الزنك النانوي بتركيز 150 ملغم/ لتر. وبينت النتائج أي تلوث ميكروبي أو تزجج في مزارع أنسجة نخيل التمر المعامل قياسًا بمعاملة المقارنة التي بلغت فيها نسبة التلوث والتزجج 33.44 و 20 % على التوالي. لم تشر النتائج إلى أي نشاط سمي سلبي لجميع تراكيز جزئيات أوكسيد الزنك النانوي المدروسة في المعايير البيوكيميائية لأنسجة نخيل التمر المكثر خارج الجسم الحي مع تأثير تشجيعي لتركيز 150 ملغم/ لتر في معايير الكربوهيدرات والبروتين والأحماض الأمينية في الأنسجة المعاملة. وتشجع نتائج الدراسة الحالية إمكانية استخدام أوكسيد الزنك النانوي بتركيز 150 ملغم/ لتر في مزارع أنسجة نخيل التمر.

الكلمات المفتاحية: التكاثر الدقيق، تقنية النانو الحيوية، جزئيات أوكسيد الزنك النانوية، السمية الضوئية.

Zafar, H., Ali, A., Ali, J.S., HaqI, U., and Zia, M. 2016. Effect of ZnO nanoparticles on *Brassica nigra* seedlings and ŝtem Explants: Growth dynamics and antioxidative response. Front Plant Sci. 7:535, DOI: 10.3389/fpls.2016.00535.

Zhang, D.W., Yi, T.H., and Chen, C.H. 2005. Cu nanoparticles derived from CuO electrodes in lithium cells. Nanotechnology. 16: 2338–2341.

Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant. 15:473– 497.

Narendhran, S., Rajiv, P., Rajeshwari, S., Brindha, P., and Charles, C. 2017. The Role of Zinc Oxide Nanoparticles in *Sesamum indicum* Growth and Yield. Res Dev Material Sci. 1(3): 5-13.

Nel, A., Xia, T., Madler, L., and Li, N. 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. Science. 311: 622-627.

Prasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K.R., Sreeprasad, T.S.P., Sajanlal, R., and Pradeep, T. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. J Plant Nutr. 35(6): 905–927.

Priyanka, P., and Venkatachalam, P. 2016. Biofabricated zinc oxide nanoparticles coated with phycomolecules as novel micronutrient catalysis for stimulating plant growth of cotton. Adv Nat Sci. 7: 1-11.

Ramesh, M., Palanisamy, K., Babu, K., and Sharma, N.K. 2014. Effects of bulk andnano-titanium dioxide and zinc oxide on physio-morphological changes in *Triticum aestivum* Linn. J Glob Biosci. 3: 415–422.

Raskar, S.V., and Laware, S.L. 2014. Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. Int J Curr Microbiol App Sci. 3: 467–473.

Roco, M.C. 2003. Broader societal issue of nanotechnology. J Nanopart Res. 5: 181-189.

Ruttkay-Nedecky, B., Krystofova, O., Nejdl, L., and Adam, V. 2017. Nanoparticles based on essential metals and their phytotoxicity. J Nanobiotechnol. 15:33, DOI: 10.1186/s12951-017-0268-3.

Safavi, K. 2012. Evaluation of using nanomaterial in tissue culture media and biological activity, 2nd International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences (EEBS'2012), Bali, Indonesia, 13-14 October 2012, pp. 5–8.

Safavim, K. 2014. Effect of titanium dioxide nanoparticles in plant tissue culture media for enhance resistance to bacterial activity. Bull. Environ. Pharmacol Life Sci. 3: 163–166.

Safavi, K., Esfahanizadeh, M., Mortazaeinezahad, D.H., and Dastjerd, H. 2011. The study of nano silver (NS) antimicrobial activity and evaluation of using NS in tissue culture media. Int. Conf. Life Sci. Technol. IPCBEE, IACSIT Press, Singapore. 3:159–161.

Sarmast, M., Salehi, H., and Khosh-Khui, M. 2011. Nano silver treatment is effective in reducing bacterial contaminations of *Araucaria excelsa* R. Br. var. *glauca* explants. Acta Biol Hung. 62:477–484.

Shokri, S., Babaei, A., Ahmadian, M., Hessami, S., and Arab, M.M. 2014. The effects of different concentrations of NanoSilver on elimination of bacterial contaminations and phenolic exudation of Rose (*Rosa hybrida* L.) *in vitro* culture. Inter J of Farming and Allied Sci. 3: 50–54.

Shulaev, V., and Oliver, D. 2006. Metabolic and proteomic markers for oxidative stress. New tools for reactive oxygen species research. Plant Physiol. 141(2): 367-372.

Slawson, R.M., Lee, H., and Trevors, J.T. 1990. Bacterial interactions with silver. Biology of Metals. 3(3): 151-154.

Thorpe, T. 2007. Historry of plant tissue culture. Mol Biotechnol. 37: 169–180.

Wang, L., Hu, C., and Shao, .L 2017. The antimicrobial activity of nanoparticles: Present situation and prospects for the future. Inter. J Nanomedicine. 12:1227–1249.

Wang, P., Lombi, E., Zjao, F.J. and Kopittke, P.M. 2016. Nanotechnology: A new opportunity in plant sciences. Trends Plant Sci. 21: 1–12.

Watanabe, S., Kojima, K., Ide, Y., and Sasakii, S. 2000. Effect of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in *Populus euphraticain vitro*. Plant Cell Tiss and Organ Cult. 63: 199-206.

Yang, S., Xie, J., and Li, Q. 2012. Oxidative response and antioxidative mechanisms in germinating soybean seed exposed to cadmium. Int J Environ Res Public Health. 9(8): 2827-2838.

Veerachandra, K., Yemmireddy, V.K., and Hung, Y.C. 2017. Using photocatalyst metal oxides as antimicrobial surface coatings to ensure food safety- Opportunities and challenges. Compreh. Rev in Food Sci and Food Saf. 16: 617-631.

Applerot, G., Lellouche, J., Perkas, N., Nitzan, Y., Gedanken, A., and Banin, E. 2012. ZnO nanoparticle-coated surfaces inhibit bacterial biofilm formation and increase antibiotic susceptibility. RSC Adv. 2: 2314–2321.

Asuncion, E., Dimapilis, S., Hsu, C.S., Mendoza, R.M.O., and Lu, M.C. 2018. Zinc oxide nanoparticles for water disinfection. Sustainable Environ Res. 28 (2): 47-56.

Auffan, M., Rose, J., Bottero, J.Y., Lowry, G.V., Jolivet, J.P., and Wiesner, M.R. 2009. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. Nat Nanotechnol. 4 (10): 634–641.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teara, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bavei, V., Shiran, B., Khodambashi, M., and Ranjbar, A. 2011. Protein electrophoretic profiles and physiochemical indicators of salinity tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Afr J Biotechnol. 10(14): 2683-2697.

Beyth, N., Houri-Haddad, Y., Domb, A., Khan, W., and Hazan, R. 2015. Alternative antimicrobial approach: nano-antimicrobial materials. Evid Based Compl Alternat Med. dx.doi.org/10.1155/2015/246012.

Debergh, P., Aiteken-Christie, J., Cohen, D., Grout, B., Arnold, S.V., Zimmerman, R., and Ziv, M. 1992. Reconsideration of the term vitrification as used in micropropagation. Plant Cell Tiss Org Cult. 30 (2): 135-140.

Donelly, V.A., and Vidaver, W. 1984. Leaf anatomy of red raspberry transferred from culture to soil. J Am Soc Hort Sci. 109: 172-176.

Hafeez, B., Khanif, Y.M., and Saleem, M. 2013 Role of zinc in plant nutrition. A review. Amer J Exper Agric. 3(2): 374-391.

Hassan, J.J., Mahdi, M.A., Chin, C.W., Abu-Hassan, H., and Hassan, Z. 2013. A high-sensitivity room-temperature hydrogen gas sensor based on oblique and vertical ZnO nanorod arrays. Sebsors and Actuators B: Chemical. 176: 360-367.

Heath, R.L., and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch Biochem Biophys. 125: 189–198.

Helaly, M.N., El-Metwally, M.A., El-Hoseiny, H., Omar, S.A., and El-Sheery, N.I. 2014. Effect of nanoparticles on biological contamination of *in vitro* cultures and organogenic regeneration of banana. Aust J Crop Sci. 8(4): 612–624.

Javed, R., Usman, M., Yucesan, B., Zia, M., and Gurel, E. 2017. Effect of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on physiology and steviol glycosides production in micropropagated shoots of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Plant Physiol Biochem. 110: 94–99.

Kalsaitkar, P., Tanna, J., Kumbhare, A., Akre, S., Warade, C., and Gandhare, N. 2014. Silver nanoparticles induced effect on *invitro* callus production in *Bacopa monnieri*. Asian J Biol Life Sci. 3(3): 167–172.

Kane, M. 2003. Bacterial and fungal indexing of tissue cultures. Available at http/ www.hos.ufl.edu.moreweb/tissueculture/class. Accessed 20-6-2018.

Kim, D.H., Gopal, J., and Sivanesan, I. 2017. Nanomaterials in plant tissue culture: the disclosed and undisclosed. RSC Adv 7: 36492–36505.

Lee, Y.P., and Takahashani, T. 1966. An improved colorimetric determination of amino acids with the use of ninhydrine. Anal Biochem. 14: 71-77.

Liu, B.L., Ma, L., Huang, Z., Hu, H., Wu, P., and Liu, J. 2018. Janus DNA orthogonal adsorption of graphene oxide and metal oxide nanoparticles enabling stable sensing in serum. Mater Horiz. 5(1): 65-69.

Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., and Kolmakov, A. 2010. Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. Sci Total Environ. 408(16): 3053–3061.

Mirzaeia, H, and Darroudi M 2017. Zinc oxide nanoparticles: Biological synthesis and biomedical applications. Ceram Int. 43 (1): 907-914.

Monica, R.C., and Cremonini, R. 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia. 62(2): 161-165.

that ZnO NPs might up regulate protein expression resulting in growth promotion. Proline and MDA accumulation are the most reliable markers of oxidative stress (Yang *et al*., 2012), MDA is the product of lipid peroxidation caused by reactive oxygen species and leads to peroxidation of polyunsaturated fatty acids (Shulaev and Oliver., 2006). Our results showed no significant change in proline and MDA levels in ZnO NPs at all examined concentrations compared to control treatment. Thus, ZnO NPs did not induce any toxic effect on treated date palm tissues even at high concentration (150 mg l^{-1})

CONCLUSIONS

This study showed that ZnO NPs has a positive effect on date palm cultured tissues. A significant increase in the multiplication rate of shoots was observed when 150 mg L^{-1} ZnO NPs were added either before or after media autoclaving. No contamination or vitrification was observed in all tested ZnO NP treatments compared to control.

The increase in shoot multiplication and number by ZnO NPs was accompanied with an increase in carbohydrate and protein contents in date palm tissues. The non-toxic effect of ZnO on date palm cultured tissues was confirmed by analysing proline and MDA contents. The results provided strong basis for the application of ZnO NPs (150 mg l^{-1}) to the media for in vitro multiplication of date palm.

REFERENCES

Abass, M.H. 2013a. Microbial contaminants of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Iraqi tissue culture laboratories. Emir J Food Agric. 25(11): 875-882.

Abass, M.H. 2013b. A PCR ITS-RFLP method for identifying fungal contamination of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) tissue cultures. Afr J Biotech. 12(32): 5054-5059.

Abass, M.H. 2016a. Responses of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) callus to biotic and abiotic stresses. Emir J Food Agric. 28(1): 66-74.

Abass, M.H. 2016b. Identification of different fungal fruit rot pathogens of date palm (*phoenix dactylifera* L.) using ITS and RAPD markers. Basra J Date Palm Res. 15(1-2): 1-19.

Abass, M.H., Al-Utbi, S.D., and Al-Samir E.A.H 2017. Genotoxicity assessment of high concentrations of 2,4-D, NAA and Dicamba on date palm callus (*Phoenix dactylifera* L.) using protein profile and RAPD markers. J. of Genet Engineer and Biotech. 15: 287–295.

Al-Asadi A.S., Hanely, L.A., Ghosh, S., Quetz, A., Dubenko, I., Pradhan, N., Balicas, L., Perea-Lopez, N., Carozo, V., Lin, Z., Terrones, M., Talapatra, S., and Ali, N. 2016. Fabrication and characterization of ultraviolet photosensors from ZnO nanowires prepared using chemical bath deposition method. J Applied Physics. 119(8): 084306- doi.org/10.1063/1.4942653.

Al-Asadi A.S., Hanely, L.A., Wasala, M., Muchharla, B., Perea-Lopez, N., Carozo, V., Lin, Z., Terrones, M., Mondal, K., Kordas, K., and Talapetra, S. 2017. Aligned carbon nanotube/zinc oxide nanowire hybrids as high performance electrodes for supercapacitor applications. J Applied Physics. 121(12): 124303- DOI: 10.1063/1.4979098.

Alharby, H.F., Metwali, E.M.R., Fuller, M.P., and Aldhebiani, A.Y. 2016. Impact of application of zinc oxide nanoparticles on callus induction, plant regeneration, element content and antioxidant enzyme activity in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) under salt stress. Arch Biol Sci. 68(4):723-735.

Alkhateeb, A.A. 2008. A review the problems facing the use of tissue culture technique in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Scientific J. King Faisal University (Basic and Applied Sciences). 9(2): 85-104.

AI-Marie, K.W. 1996. Date Palm Propagation Through Tissue Culture Techniques. Tnadeed Corporation, Damascus. pp: 256.

Amiri, H., Mousavi, M., and M., Torahi, A. 2016. Improving date palm (*Phoenix dactylifera* L. CV. Estamaran) calogenesis by the use of zinc oxide nanoparticles. J Exper Bio Agric Sci. 4(5): 557-563.

ZnO NPs concentration. The increase in concentration from 50 mg L^{-1} to 150 mg L^{-1} of ZnO NPs was accompanied with a significant enhancement of multiplication. Similar trend was observed in Helaly *et al.* (2014) for the treatment of banana tissues with ZnO NPs, which results in increased shoot regeneration. The induction of date palm growth by ZnO NPs could be attributed to the enhancement of the plant nutrients absorption from medium. In addition, nanomaterials can act as catalytic cofactors in many vital enzymes, such as nitrate reductase (Alharby *et al.*, 2016). The present results indicated the efficiency of ZnO NPs in preventing microbial contamination in date palm cultured tissues. The fungal and bacterial contaminants are considered as limiting factors especially in woody plants (Sarmast *et al.*, 2011). Contaminants frequently accompany plant tissue cultures and cause the destruction of cultures due to endogenous microbial growth. Furthermore, most microbial contaminants produce phytotoxins, which could cause culture mortality and reduce shoot regeneration (Kane, 2003; Abass, 2013a and b). Our results are in accordance with many other studies showing the applicability of different NPs as antimicrobial agents in tissue cultures. The adding of 100 mg L^{-1} of Zn NPs or ZnO NPs into the MS medium led to the production of contaminant-free cultures (Helaly *et al.*, 2014). The efficiency of NPs in the elimination of microbial contaminations in cultured tissues of plants depended on several factors, such as size, distribution, and type of NPs (Applerot *et al.*, 2012). Metal and metal oxide NPs are useful in eliminating various microorganisms (Wang *et al.*, 2017). A wide range of NPs have been proven to have antimicrobial activities against different microorganisms (Beyth *et al.*, 2015). Many mechanisms have been suggested to elucidate the antimicrobial activity of NPs, such as their affinity to bind with the DNA, thereby interfering with microorganism replication, as well as to the sulfhydryl groups of the metabolic enzymes in the bacterial electron transport chain, leading to bacterial in activation (Slawson *et al.,* 1990) The addition of ZnO NPs decreased the vitrification in treated cultured date palm compared to control treatment (20%), The vitrification of cultured tissues is considered a serious problem that limits propagation of date palm in vitro during different stages, and frequently decrease the proliferation rate of tissue-cultured plantlets (Debergh *et al*., 1992). Vitrification induces the accumulation of water within the cultured tissues and reduces their growth; thus, micropropagated plantlets do not have the ability to survive in soil due to yellowing, swelling, glassiness and leaf curling of plantlets (Donelly and Vidaver, 1984; Alkhateeb, 2008). This disorder was detected in several plants propagated in vitro, such as apple, pears, grape and date palm (AI-Marie, 1996). NPs have advantages and disadvantages on the growth of plants and development. The effects of engineered NPs (ENPs) on plants varied according to the composition, concentration, and size, as well as physical and chemical properties of ENPs (Ma *et al*. 2010). Accumulative evidence suggests that ZnO NPs can enhance the growth and development in many plants, including the callus of date palm (Prasad *et al*., 2012; Amiri *et al*., 2016). Our results showed that ZnO NPs at 150 mg L^{-1} have a positive effect on date palm growth, including the accumulation of carbohydrates, total soluble proteins and free amino acids. The Zn element have a pivotal role in plant metabolism by influencing different enzyme activities such as hydrogenase and carbonic anhydrase, more efficiently stabilizing of ribosomal fractions and cytochrome synthesis. Activation of plant enzymes by Zn element are involved in metabolism of carbohydrates, maintenance of the cellular membranes integrity, and regulation of protein and auxins synthesis (Hafeez *et al*., 2013). Carbohydrates are carbon and energy sources in plant in vitro culture mainly to enhance cell division and enlargement. Priyanka and Venkatachalam (2016) suggest

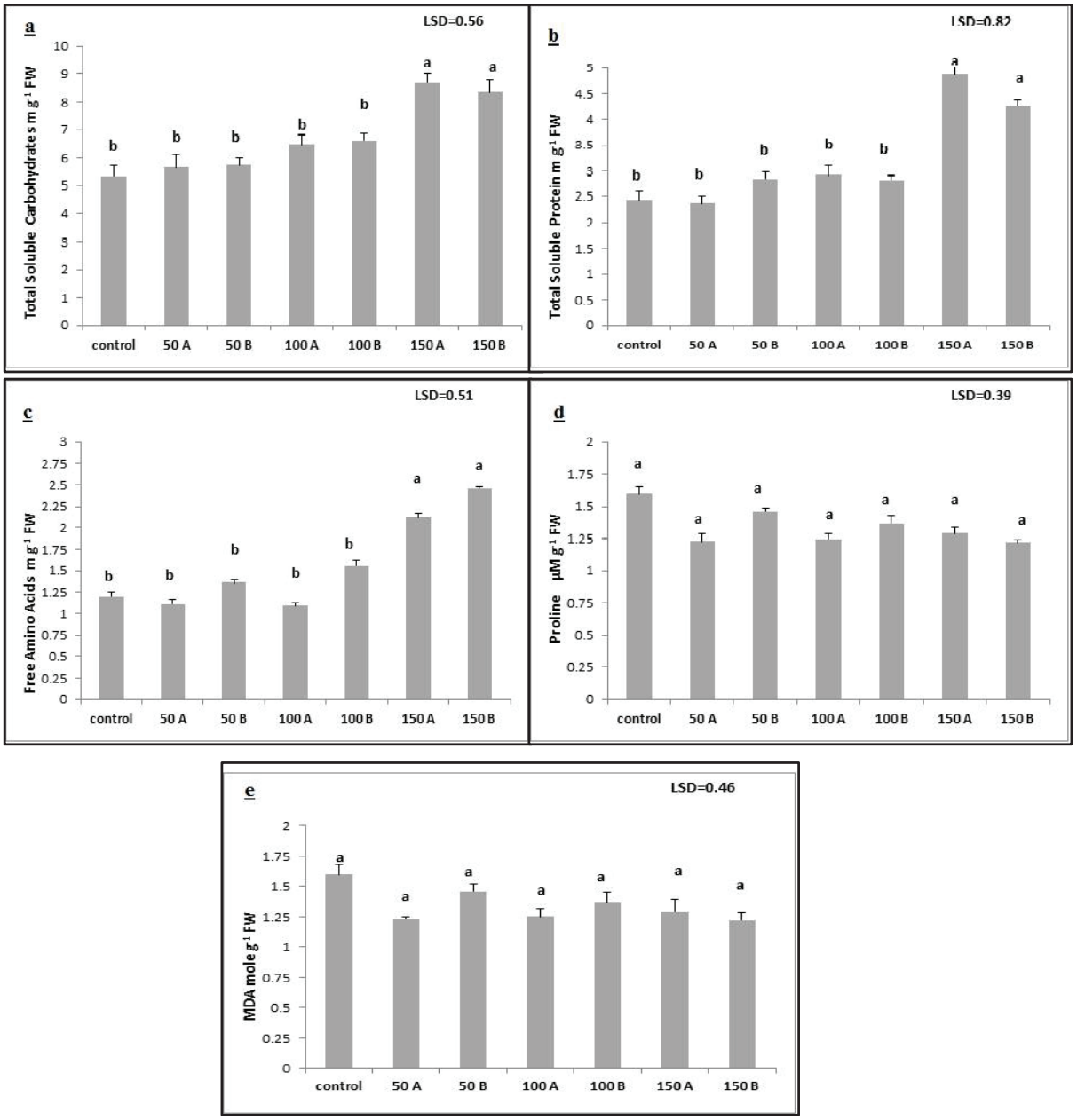


Fig. (4): Effect of Zn NPs at different concentrations in date palm shoots content of a:Total soluble carbohydrates (mg.g^{-1} FW); b: Total soluble protein (mg g^{-1} FW); c: Free Amino Acids (mg g^{-1} FW); d: Proline (µM g^{-1} FW); MDA (mole g^{-1} FW).Values represent the average of triplicates± standard deviation value. Different letters indicate significant differences between treatments according to LSD test (P<0.05). B and A before and after sterilization media.

DISCUSSION

Date palm is an important tree cultivated mainly for their nutrient-rich fruits. The role of *in vitro* multiplication is essential to meet the significant demand for date palm plants (Abass, 2016b). Nanomaterials have attracted attention because of their novel properties, especially in the fields of biotechnology and tissue culture. Our promising results on ZnO NPs application to *in vitro* cultures are consistent with several studies that elucidated the encourage effects of NPs on induction of callus and shoot regeneration of many other plants. The highest percentage of shoot regeneration (89.6%) was examined when nodal explants of *Stevia rebaudiana* were cultured on callus induction medium treated with ZnO NPs (Javed *et al.*, 2017). The significant induction of proliferation depended on the

significant differences compared to other treatments. Followed by the treatment of ZnO NPs at 50 mg l^{-1} when added before and after sterilization of the media which were 13.34 and 20.0%; respectively. The highest percentage of contamination was recorded in control treatment without addition ZnO NPs which reached to 33.34%. Statistical analysis of results proved that the treatment of date palm cultures with ZnO NPs led to decrease the vitrification percent as shown in Table (2) The highest vitrification rate (20%) was examined in the control treatment, while the lowest rate (0%) was shown in the cultures treated with ZnO NPs before and after sterilization of the media.

Table (2): Effect of ZnO nanoparticles on percentage of contamination and vitrification of in vitro cultures of date palm during shooting stage.

ZnO NPs treatment (mg l^{-1})		Percentage of contamination (%)	Percentage of Vitrification (%)
Control	0.00	33.34 ± 2.18a**	20.00 ± 2.15 a
50	B*	13.34 ± 1.19 b	0.00 ± 0.00 c
	A	20.0 ± 4.81 b	0.00 ± 0.00 c
100	B	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 c
	A	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 c
150	B	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 c
	A	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 c

Values represent the average± Standard Error.
*B: Before sterilization; A: After sterilization.
** Values followed by the same letter are not significantly different at $P<0.05$.

Biochemical responses of date palm to ZnO treatment

The results presented in Figures (4 a-e) showed the biochemical responses of date palm shoots to different concentrations of ZnO nanoparticles (50, 100 and 150 mg l^{-1}) before (B) and after (A) autoclaving. The results revealed insignificant differences between ZnO NPs supplied before or after autoclaving on all examined biochemical features.

The results also showed that the high concentration of ZnO NPs (150 mg l^{-1}) caused a significant induction in carbohydrates production in treated date palm shoots (Figure 4 a); compared to other treatments, the carbohydrates concentration was increased from 5.34 mg g^{-1} in control treatment and reached to 8.70 and 8.35 mg g^{-1} FW before and after sterilization; respectively. Regarding the total soluble protein accumulation, results of Figure (4 b) proved that the treatment of ZnO NPs at 150 mg l^{-1} led to a significant increase in protein accumulation, two folds increase in protein accumulation was observed in abovementioned treatments compared to control which was 2.40 mg g^{-1} FW.

Similar trend of increase was observed in free amino acid content of cultured date palm tissues undergo ZnO NPs application. Free amino acid level was 1.20 mg g^{-1} FW in control treatment and reached the 2.46 and 2.12 mg g^{-1} FW in ZnO NPs at 150 mg l^{-1} before and after autoclaving; respectively (Figure4 c). Statistical analysis revealed that the treatment of ZnO NPs at all examined concentrations either before or after sterilization did not affect the proline production in treated date palm cultures as well as MDA accumulation (Figures 4d and e); insignificant differences were observed in all above-mentioned treatments with their corresponding control.

Effect of ZnO (NPs) on date palm multiplication.

The formation of shoots in cultured buds showed significant variations ($p<0.05$) undergo the influence of ZnO NPs treatments. The best response percentages of explants producing shoots with the highest numbers of shoots per jar were examined on MS medium supplemented with 150 mg l^{-1} of ZnONPs both before and after sterilization as a percent of 93.34% and 86.67%, respectively (Fig. 3A and 3B).

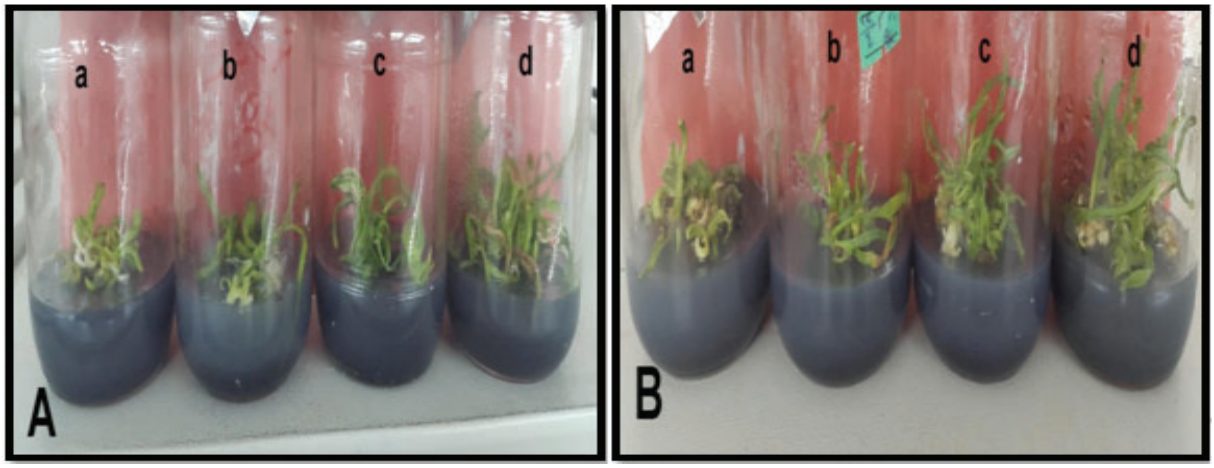


Fig.(3) The effect of ZnO (NPs) at different concentrations in the date palm multiplication before (B) and after (A) sterilization media.

This increase was accompanied with an increase in the average of proliferated shoots and reached 16.2 and 15.8 shoots per jar after 10 week respectively (Table 1), with significant differences than other treatments, followed by 100 mg $l^{-1}$of ZnO (NPs) (Fig.3A and 3B). However, the lowest response percentage of explants producing shoots and number of shoots were recorded in control treatment without addition ZnO NPs which were 46.67% and 6.8 shoots/ jar, respectively.

Table 1: Effect of ZnO NPs on cultures responding percentage and number of shoots for date palm cv. Barhee.

ZnO NPs treatment (mg l^{-1})		Percentage of culture responding (after 8 weeks)	Average number of shoots / jar
Control	0.0	46.67* ± 5.93 e	6.80 ± 0.55 d**
50	B	60.00 ± 6.01 cd	9.20 ± 0.43 c
	A	53.34 ± 7.29 de	8.80 ± 0.50 c
100	B	66.67 ± 4.81 bc	11.60 ± 0.70 b
	A	73.34 ± 4.97 b	12.20 ± 0.22 b
150	B	93.34 ± 6.07 a	16.20 ± 0.32 a
	A	86.67 ± 5.93 a	15.80 ± 0.65 a

Values represent the average± Standard Error. *B: Before sterilization; A: After sterilization. ** Values followed by the same letter are not significantly different at $P<0.05$.

Effect of ZnO NPs on the percentage of contamination and vitrification.

The treated cultures of date palm with different concentrations of ZnO NPs showed significant variations ($p<0.05$) in the percentage of contaminations. The lowest percentage of contamination (no contamination) was found in MS media supplemented with 100 and 150 mg $l^{-1}$of ZnO NPs when added before and after sterilization of the media (Table 2) with

RESULTS

ZnO nanoparticles characterization:

Figure (1) shows the FESEM image of ZnO nanoparticles put onto Si wafer. Results showed that Nanoparticles have very high surface to volume ratio which means that examined particles have unsaturated surface bonds. Therefore, ZnO nanoparticles were aggregated together as shown in Figure (2).

Figure (2) shows the optical absorbance spectrum of ZnO NPs measured in the wavelength range of 300-1000 nm. The absorbance peak is located at a wavelength of 375.2 nm which is equivalent to energy band gap (Eg) of 3.30 eV. However, compared by the value of energy band gap of ZnO (3.37eV), the obtained Eg is expanded and this confirms the nature of nanoparticles (Hassan *et al*., 2013).

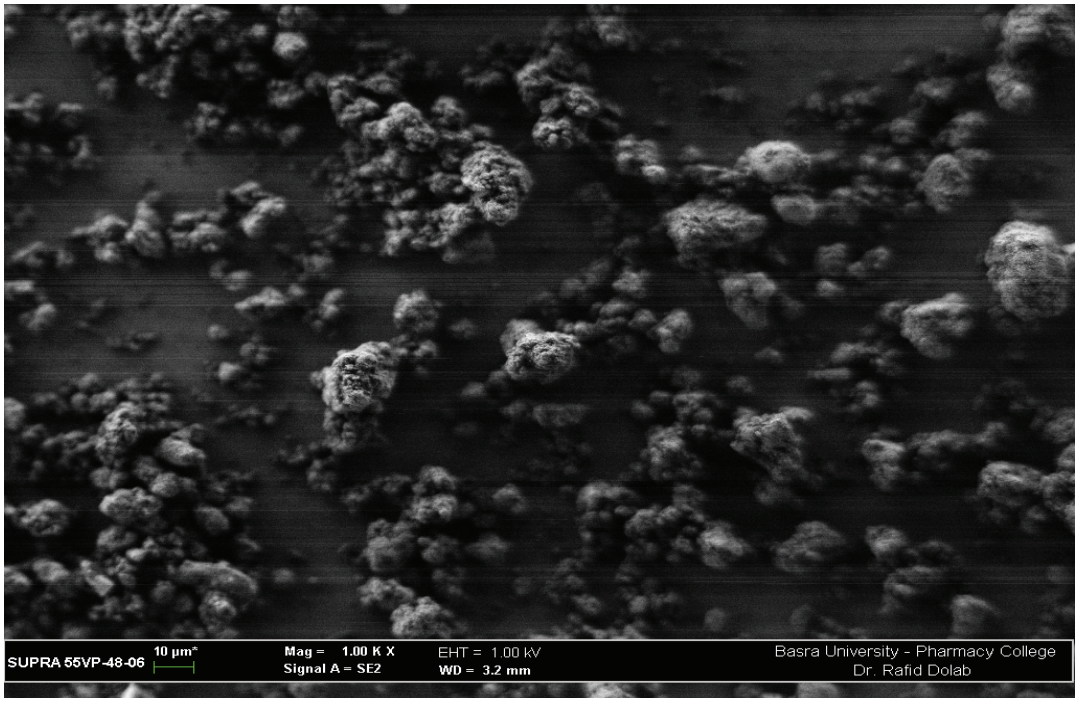


Fig. (1) FESEM image of used ZnO NPs in date palm micropropagation.

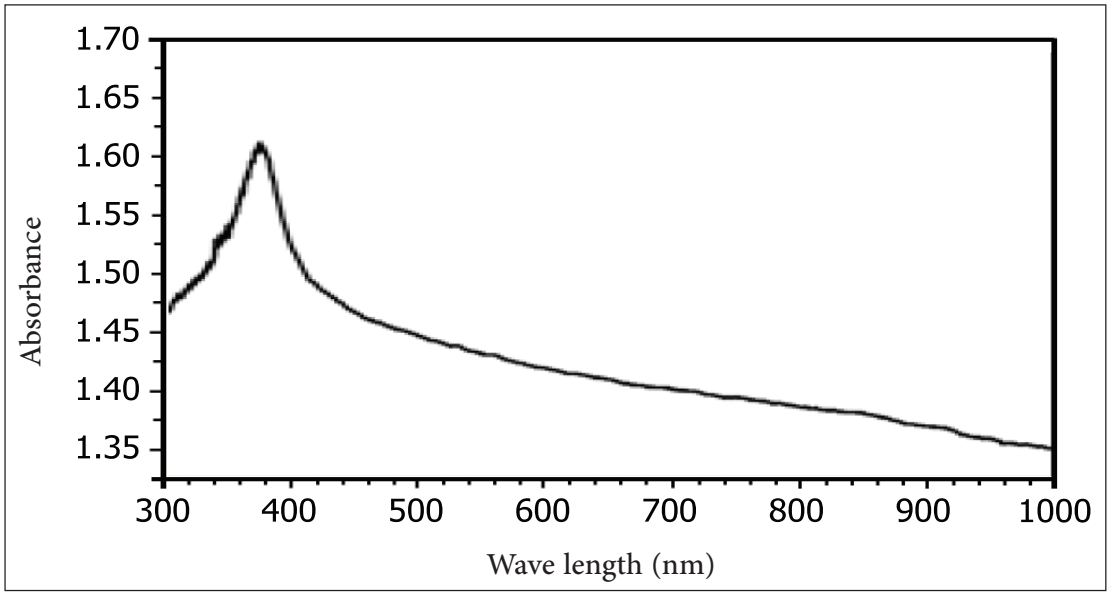


Fig. (2) Optical absorption spectrum of used ZnO NPs in date palm micropropagation.

conditions were performed every four weeks. The percentage of response of cultures on shoot formation was calculated after 8 weeks. The number of proliferated shoots and the percentage of contamination and vitrification of cultures were recorded after 10 weeks of culturing in different media. Additionally, a biochemical analysis was followed to evaluate the shoot responses to ZnO addition including:

Total soluble Carbohydrates

The total carbohydrates of proliferated date palm shoots have been measured according to Watanabe *et al*. (2000). The plant tissues (0.5 g as fresh weight) were homogenized in 80% ethanol and centrifuged for 10 minutes at 5k rpm. The supernatant (1 ml) was transferred into new test tube containing an anthrone reagent, which was previously prepared (50 ml of H_2SO_4 95%+ 50 mg reagent), the mixture left in water bath 100° C up to 10 min, then ice cooled. The measuring of total carbohydrates was performed spectrophotometrically at 620 nm with glucose as standard curve.

Total soluble protein.

The procedure of Bavei *et al.* (2011) was followed to determine the total soluble proteins. 300 mg of date palm shoots tissues were ground in liquid nitrogen, a 3 ml of Tris-HCl buffer (0.1 M, pH 7.5) containing 1 mM phenylmethane sulfonylfluoride (PMSF) was used to homogenize the powder at 4º C. A centrifugation for 13 krpm for 30 minutes was followed. The Bradford reagent was prepared prior to use (100 mg Coomassie Brilliant Blue R-250 in 50 ml 95% ethanol, 100 ml 85% (w/v) phosphoric acid) and used to determine protein content with crystalline bovine albumin as standards curve in the concentrations of 5-100 µg at 595 nm.

Free amino acid content.

Ninhydrine reagent was used to determine the free amino acid content in treated and untreated date palm tissues according to Lee and Takahashi (1966). Briefly, 500 mg of fresh tissues was incubated overnight in ethanol (70%) at room temperature. A mixture of glycerol (55%) and ninhydrine solution (0.5 ml) was added, and mixed well then boiled at 100° C for 20 minutes. Double distilled water was used to make up the final volume of 6 ml. Finally, the wavelength of 570 was used to measure free amino acid content.

Proline content

The protocol of Bates *et al.* (1973) was used to measure proline content in date palm tissues. Ten ml of 3% aqueous sulfosalicylic acid was used to homogenize 500 mg of shoot tissues, followed by centrifugation at 6k rpm. After centrifugation, 2 ml of supernatant was transferred to new test tube containing acid ninhydrine (2 ml) and mixed well, heated at 100º C for one hour and cooled on ice to stop reaction. Toluene (4 ml) was added to the mixture and stirred for 30 seconds. The proline content was measured spectrophotometrically at 520 nm against toluene blank.

Malondialdehyde (MDA) content.

To measure MDA content in date palm shoot tissues, 500 mg of tissues was used and homogenized in 5 ml Trichloroacetic acid (TCA: 0.1%, w/v), followed by a centrifugation at 10k rpm for 5 minutes. One ml of supernatant was transferred into new test tube containing 4 ml of Thiobaributric acid (TBA; 0.5% w/v). The mixture kept in water bath until boiling and then ice cooled to stop reaction, followed by a centrifugation at 10k rpm for 15 minutes. The absorbance then measured at 532 and 600 nm wavelength and the MDA was determined as extinction coefficient of 155 (Heath and Packer, 1968).

Statistical analysis

SPSS-21 statistical software (SPSS In., Chicago, and IL., USA) was used to conduct one-way analysis of variance (ANOVA). The differences between means were compared using LSD test at $P \leq 0.05$ level. Bars on diagrams represent standard deviations. All treatments were triplicates.

Laware, 2014; Helaly *et al.*, 2014; Narendhran *et al.*, 2017). Plant tissue culture technique is designed to maintain and multiply the growth of plant cells or different parts on specific cultural medium supplemented with different nutrients and hormones taking the advantage of totipotency (Abass, 2016a). This technique has been employed for various applications, including large-scale production, germplasm conservation, pathogen-free plant production, genetic transformation, genetic toxicity, metabolite production, embryogenesis, morphogenesis, and nutrition (Thorpe, 2007; Abass *et al*., 2017; Kim *et al*., 2017). The supplementation of plant tissue culture medium [mainly Murashige and Skoog (MS) media] with different nanoparticles has been reported in a wide range of plants for several purposes. For example, Ag NPs have been applied as antimicrobial agent by Safavi *et al.* (2011) at 50 mg L^{-1} into MS medium. Ag and TiO_2 NPs showed a significant microbial growth inhibition when used with MS medium in potato and tobacco plants (Safavi, 2012; 2014) The addition of Ag NPs at concentrations of 100–200 mg l^{-1} to MS medium with both *Rose hybrid* and *Bacopa monnieri* plants significantly reduces bacterial contamination (Shokri *et al.*, 2014; Kalsaitkar *et al.*, 2014). The addition of ZnO NPs at 100 mg L^{-1}in MS medium decreases the bacterial contamination of banana cultures (Helaly *et al.*, 2014). ZnO NPs have been used in tomato tissue cultures on MS medium to induce callus production and plant regeneration, as well as mitigate the deleterious effect of NaCl (Alharby *et al.*, 2016). Moreover, ZnO NPs (1–20 mg L^{-1}) are also employed in MS medium to induce root formation of *Brassica nigra* plants. ZnO NPs (0.1–1000 mg L^{-1}) could enhance shoot formation in *Stevia rebaudiana*(Zafar *et al.*, 2016; Javed *et al.*, 2017). The effect of ZnO NP nanoparticles on date palm tissue cultures at different stages of *in vitro* propagation, such as callus induction, organogenesis, shoot multiplication, shoot elongation, and rooting as well as their phytotoxicity on date palm cultures is not well documented. The present study aimed to evaluate the efficiency of different concentrations of NPs and date palm tissue micropropagation.

MATERIALS AND METHODS

ZnO nanoparticles preparation for characterization.

ZnO nanoparticles with a diameter of 20 nm were purchased from mkNANO (Mississauga, Canada). These particles were successfully used as a seed layer to grow zinc oxide Nanowires on Silicon (Al-Asadi *et al.*, 2016) and aligned Carbone nanotube (Al-Asadi *et al*. 2017).

A 0.2 g of ZnO nanoparticles was put in 10 ml of deionized water and shacked well and then drops of the solution were deployed onto silicon substrate and left to dry naturally for FESEM images that was analyzed by scanning electron microscopy (SEM; Zeiss Supra 55VP). For optical absorbance, same ZnO NPs solution was measured using UV-V in spectrophotometer type Shimadzhu1800.

Tissue cultures experiments

Experiments were conducted at the Tissue Culture Laboratory, Date Palm Research Centre; Basra University/ Iraq to maximize the numbers and growth of the *in vitro* proliferated shoots of date palm. Briefly, bud clusters were cut into two to three segments and sub cultured in MS medium (Murashige and Skoog, 1962) containing NAA at 1 mg l^{-1}, BA at 0.5 mg l^{-1} and 0.5 mg l^{-1} of kinetin (K) for multiplication.

ZnO nanoparticles (NPs) was examined for its potential in *in vitro* shoot multiplication of date palm cv. Barhee, for this purpose, various concentrations (0.0 control, 50, 100 and 150) mg l^{-1} of ZnO (NPs) were added to MS media before and after sterilization of the media by autoclave. The pH of the medium was changed to 5.7 using NaOH (0.1 N).

Autoclaving of medium was conducted at 121° C and 1.04 kg/cm^2 for 20 minutes. All cultures were incubated in a culture room under 8/16 h dark/light period provided by daylight fluorescent lamps at 272°± C. Subcultures on the same medium and growth

In vitro Assessment of ZnO Nanoparticles on *Phoenix dactylifera* L. Micropropagation

Khairullah M. Awad[(1)], Ahmed M. W. Al-Mayahi[(1)], Mazin A. Mahdi[(2)] Ahmed S.M. Al-Asadi[(3)], and Mohammed H. Abass[(1)]

(1) Date Palm Research Centre, (2) Department of Physics, College of Sciences, (3) Department of Physics, College of Education for Pure Sciences,
University of Basra, Basra, Iraq

Received 30 July 2018 - Accepted 2 December 2018

https://doi.org/10.37575/b/agr/2000

ABSTRACT

Microbial contaminants are the major challenges in plant's in vitro propagation during different stages of culture processes, ZnO-NPs exhibit attractive antibacterial properties due to increased specific surface area as the reduced particle size leading to enhanced particle surface reactivity. The aim of present study was to evaluate the effect of ZnO NPs on microbial contamination; vitrification and growth promoting of date palm cultured tissues. Several concentrations of ZnO NPs were selected to assess their activity. The percentage of shoot formation, the number of proliferated shoot and the percentage of contamination of cultures were investigated, as well as several biochemical characteristics. Twofold of increase multiplication rate of proliferated shoot was observed in ZnO NPs at 150 mg L^{-1} compared to control treatment. The multiplication rate was 46.6% at control and increased significantly to 86.67% and 93.34% in ZnO NPs before and after sterilisation, respectively. No microbial contamination and vitrification were observed at all ZnO NP treatments compared with control treatment. Biochemical analysis showed that ZnO NPs had no toxic effects at all examined concentrations on date palm cultured tissues. A positive effect was observed in carbohydrates, protein and amino acid accumulations at high ZnO concentration (150 mg l^{-1}). The results provide basis for the application of ZnO NPs in media date palm tissue cultures at 150 mg l^{-1}.

Key Words: Micropropagaion, Nano biotechnology, Phytotoxicity, ZnO nanoparticles.

Abbreviations: BSA: Bovine serum albumin, cv: Cultivar, FW: Fresh weight, MDA: Malondialdehyde, MS: Murashige and Skoog, NAA: Naphthalene acetic acid, NPs: Nanoparticles, RPM: Revolution per minute, RT: Room temperature, ZnO: Zinc oxide.

INTRODUCTION

Nanotechnology has attracted considerable research attention in modern applications, such as antimicrobials, agriculture, and therapeutics, as well as high-sensitivity biomolecular detection and diagnostics (Monica and Cremonini, 2009; Safavi *et al.*, 2011). Nanoparticles (nano-scale particles NSPs) could be defined as particles (atomic or molecular aggregates) having at least one dimension between 1 to 100 nm, as a diameter (Roco, 2003; Auffan *et al.*, 2009); NPs have considerably distinct physio-chemical properties compared to the bulk material (Nel *et al.,* 2006). The interactions between nanoparticles and different plants have been studied on morphological and physiological levels, as well as in genetic stability (Wang *et al.*, 2016; Ruttkay-Nedecky *et al.*, 2017). The influence of nanoparticles on plant tissues is mainly dependent on several variables, such as the chemical composition, size, reactivity, surface covering and concentration (Ma *et al.*, 2010; Khodakovskaya *et al.*, 2012). In recent years, various types of metal oxide nanoparticles have been used in biological application, such as antibiotics, DNA detection, and food safety (Wang *et al.*, 2017; Veerachandra *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2018). Zinc oxide (ZnO) nanoparticles are widely used for physical, biomedical, and other application because of their excellent properties. ZnO is non-toxic, stable under high temperature, easy to prepare, and cost-effective (Hassan *et al.*, 2013; Mirzaeia and Darroudi, 2017; Asuncion *et al.*, 2018).The positive effect of ZnO NPs on the growth of plants and their development has been demonstrated in different plants, including peanut (*Arachis hypogaea*), soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*), onion (*Allium cepa*), banana (*Musa paradisiaca*) and sesame (*Sesamum indicum*) (Prasad *et al.*, 2012; Ramesh *et al.*, 2014; Raskar and

تأثيرات إحلال البكتين بمطحون نوى التمر في مخاليط مربى الفراولة

ناشي خالد القحطاني

قسم علوم الغذاء والتغذية، كلية العلوم الزراعية والأغذية، جامعة الملك فيصل
الهفوف، المملكة العربية السعودية

استلام 12 ديسمبر 2018 م - قبول 14 مايو 2019م

https://doi.org/10.37575/b/agr/2029

الملخص

أهمية نوى التمر كمخلف زراعي تكمن في احتوائه على نسبة كبيرة من الألياف الغذائية رغم محدودية تطبيقاته في التصنيع الغذائي. ولهذا السبب فإحلال البكتين لاستحداث الهلام في المربى تعد غاية بحثية للتطوير في إنتاج المربى، الأمر الذي استهدفته تلك الدراسة بتقييم تأثيرات إحلال البكتين في مربى الفراولة بمطحون نوى تمر الخلاص كمصدر مبتكر للألياف الغذائية. حل مطحون نوى التمر محل البكتين بنسبة إحلال بلغت 25 % (0.1 % مطحون، 0.3 % بكتين)، 50 % (0.2 % مطحون، 0.2 % بكتين)، 75 % (0.3 % مطحون، 0.1 % بكتين)، و100 % (0.4 % مطحون، 0 % بكتين) مقارنة بالعينة الضابطة (0 % مطحون، 0.4 % بكتين). تلك المعاملات المحضرة من مربى الفراولة تم تقييم خواصها الكيماوية والحسية والقوام شهريا خلال فترة التخزين التي بلغت ستة أشهر. هذا وقد دلت نتائج معاملات الإحلال للبكتين على علاقة إيجابية مع محددات اللون، وعلى نحو آخر لوحظت زيادات طفيفة في قيم الحموضة والجوامد الصلبة ومؤشر التناسق خلال فترة التخزين. معاملات إحلال البكتين 50 %، 75 % بمطحون نوى التمر أظهرت زيادات متفاوتة في اللزوجة والصلابة والتماسك والالتصاق لعينات المربى خلال فترة التخزين، كما لم تكن هناك أية اختلافات معنوية في التقييم الحسي للون والطعم والقوام، وكان هناك قبول عام له خلال فترة التخزين. لذلك استخدام مطحون نوى التمر كمصدر مبتكر للألياف الغذائية يمكن أن يكون من البدائل للبكتين في صناعة المربى.

الكلمات المفتاحية: الألياف الغذائية، بدائل البكتين، خواص القوام، مربى الفراولة، مطحون نوى التمر.

Ranganna, S. 2008. Sensory evaluation in analysis and quality control for fruit and vegetable products (pp. 623–624). McGraw-Hill, New Delhi.

Renuka, B., Prakash, M., and Prapulla, S. G. 2010. Fructooligosaccharides based low calorie gulab jam: Studies on the texture, microstructure and sensory attributes. Journal of Texture Studies. 41: 594–610.

Safdar, M. N., Mumtaz, A., Hameed, T., Siddiqui, N., Khalil, S. and Amjad, M. 2012. Storage studies of jam prepared from different mango verities. Pakistan Journal of Nutrition. 11(7): 555-561.

Suresh, S., Guizani, N., Al–Ruzeiki, M., Al–Hadhrami, A., Al–Dohani, H., Al–Kindi, I., and Rahman, M. S. 2013 .Thermal characteristics, chemical composition and polyphenol contents of date–pits powder. J. Food Eng. 119: 668–679.

Thibault, J. F., Lahaye, M., and Guillon, F. 1992. Physiochemical properties of food plant cell walls. *In:* Schweizer, T. F., and Edwards C. A. (Eds.). Dietary Fiber, A Component of Food Nutritional function in health and disease (pp. 21–56). Springer-verlag, Berlin.

Wahini, M. 2016. Exploration of making date seed's flour and its nutritional contents analysis. IOP Conf. International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education 14 November 2015, Bandung, Indonesia. Series: Materials Science and Engineering 128.012031 doi:10.1088/1757-899X/128/1/012031.

Hubbermann, E. M., Heins, A., Stöckmann, H., and Schwarz, K. 2006. Influence of acids, salt, sugars and hydrocolloids on the colour stability of anthocyanin rich black currant and elderberry concentrates. European Food Research and Technology. 223: 83–90.

Hunter, R. S., and Richard, H. 1987. The Measurement of Appearance, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.

Hussain, I., and Shakir, I. 2010. Chemical and organoleptic characteristics of jams prepared from indigenous verities of apricot and apple. World Journal of Dairy and Food Sciences. 5(1): 73-78.

Igual. M., Contreras, C., and Martinez-Navarrete, N. 2014. Colour and rheological properties of non-conventional grapefruit jams: Instrumental and sensory measurement. LWT- Food Science and Technology. 56: 200-206.

Isah, A. P. 2017. Physicochemical, sensory and microbiological properties of syrup and jams prepared from locust bean fruit pulp in storage. Asian Journal of Biotechnology and Bio resource Technology. 1(3): 1-8. Article no. AJB2T.35639

Javanmard, M., Chin, N. L., Mirhosseini, S. H., and Endan, J. 2012. Characteristics of gelling agent substituted fruit jams: Studies on the textural, optical, physicochemical and sensory properties. International Journal of Food Science and Technology. 47: 1808–1818.

Kanwal, N., Randhawa, M. A., and Iqbal, Z.A. 2017. Influence of processing methods and storage on physico-chemical and antioxidant properties of guava jam. International Food Research Journal. 24(5): 2017-2027

Krokida, M., and Maroulis, Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. *In:* Mujumdared, A. S. (Ed.). Drying Technology in Agricultural and Food Sciences (pp. 61–106). Science Publishers, Enfield.

Kuntz, L. A. 1994. Fiber: From frustration to functionality. Food Product Design. 2: 91–108.

Lewis, C. E., Walker, J. R. L., and Lancaster, J. E. 1995. Effect of polysaccharids on the color of anthocyanins. Food Chemistry. 54: 315–319.

Liu, Q., Talbot, M., and Llewellyn, D. J. 2013. Pectin methylesterase and pectin remodelling differ in the fibre walls of two *Gossypium* species with very different fibre properties. PLoS ONE. 8(6): e65131. doi:10.1371/journal.pone.0065131

Messaoudi, R., Mansouri, A., and Calokerinos, A. C. 2013. Phenolic profile and antioxidant activity of date-pits of seven Algerian date palm fruit varieties. International Journal of Food Properties. 16(5): 1037-1047. doi:10.1080/10942912.2011.576355

Mirghani, M. E. S., Al-Mamun, A., Daoud, J. I., and Mustafa, S. M. 2012. Processing of date palm kernel (Dpk) for production of edible jam. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6(1): 22-29.

Muhammad, A., Durrani, Y., Zeb, A., Ayub, M., and Ullah, J. 2008. Development of diet jam from apple grown in Swat (NWFP). Sarhad Journal of Agriculture. 24(3): 461-467.

Munami, H. 2016. Acoustic properties of innovative material from date palm fiber. American Journal of Applied Sciences. 9(9): 1390-1395. doi:10.3844/ajassp.2012.1390.1395.

Nostral, D. 2014. Effects of industrial processing on content and properties of dietary fiber of strawberry wastes. Total Food. 11(5): 38-43. doi:10.1039/9781849730785-00038

Nwosu, J. N., Udeozor, L. O., Ogueke, C. C., Onuegbu, N., Omeire, G. C. 2014. Extraction and utilization of pectin from purple star-apple (*Chrysophyllum cainito*) and African star-apple (*Chrysophyllum delevoyi*) in jam Production. Austin J Nutr Food Sci. 1(1): id1003.

Panda, H. 2011. Pectins. *In*: Panda, H. The complete book on gums and stabilizers for food industry. Asia Pacific Business Press, Delhi.

Phimpharian, C., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., Prinyawiwatkul, W., and No, H. K. 2011. Physicochemical characteristics and sensory optimization of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations. International Journal of Food Science and Technology. 46: 927–981.

Akhtar, S., Mahmood, S., Naz, M., Nasir, T., Suitan, M.T. 2009.Sensory evaluation of mangoes (*Magnifera indica* L.) grown in different regions of Pakistan. Pakistan Journal of Botany. 41: 2821-2829.

Aldhaheri, A., Alhadrami, G., Wasfi, I., and Elridi, M. 2014. Chemical composition of DPP. Food Chemistry. 86(1): 93-97. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.022

Al-Hooti, S., Jiuan, S., and Quabazard, H. 1995. Studies on the physio-chemical characteristics of date fruits of five UAE cultivars at different stages of maturity. Arab Gulf Journal. 13: 553–569.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

Basu, S., and Shivhare, U. S. 2010. Rheological, textural, microstructural and sensory properties of mango jams. Journal of Food Engineering. 100: 357–365.

Belovic´, M., Torbica, A., Pajic´-Lijakovic´, I., and Mastilovic´, J. 2017. Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fiber made from tomato pomace. Food Chemistry. 237: 1226–1233.

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C., and Attia, H. 2009. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): compositional, functional and sensory characteristics of date jams. Food Chemistry. 112(2): 406-411.

Bourne, M. 1982. Food Texture and Viscosity-Concept and Measurement. Academic Press, New York. ISBN: 9780323139236.

Brejnholt S. M. 2010. Pectin. *In*: Imason, A. (Ed.). Food stabilisers, thickeners and gelling agents, Oxford; Blackwell. pp 237-265.

CIE. 2004. Technical Report: Colorimetry, 2004, 3rd edition. The Executive Director Office of the Federal Register, Washington. 17: 16-27.

Ciurzyńska, A., Lenart, A., and Karwosińska, J. 2015. Effect of quantity of low–methoxyl pectin on physical properties of freeze–dried strawberry jellies. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 65(4): 233-242. doi:10.2478/pjfns-2013-0020

Damiani, C., Silva, F. A., Asquieri, E. R., Lage, M. E., and Boass, E. V. B. V. 2012. Antioxidant potential of *Psidium guinnensis* Sw. jams during storage. Pesquisa Agropecuária Tropical. 42(1): 90-98.

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., and Patil, R. T. 2012. Dietary fiber in foods: A review. Journal of Food Science and Technology. 49: 255–266.

Draye, M., and Van Cutsem, P. 2017. Pectin methylesterases induce an abrupt increase of acidic pectin during strawberry fruit ripening. Journal of Plant Physiology. 165(11): 1152-1160. doi:10.1016/j.jplph.2017.10.006

Emerton, V. 2008. Food Colours. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.

Garrido, J. I., Lozano, J. E., and Genovese, D. B. 2015. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. LWT Food Science and Technology. 62: 325–332.

Ghazanfari, A., Fung, J., and Panigarhi, S. 2006. Some properties of composites made from blends of DPP and high density polyethylene. CSBE/ASABE North Central Inter-Sectional Conference, Saskatchewan (October 5 – 7, 2006), 12(4): 89-105. doi:10.13031/2013.22370.

Grigelmo-Maguel, N., and Martin-Belloso, O.1999. Influence of fruit dietary fibre addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. Journal of Food Engineering. 41: 13-21

Habib, H. M., Ibrahim, W. H. 2009 Nutritional quality evaluation of eighteen date pit varieties. Int. J. Food Sci. Nutr. 60: 99–111.

Hammod, A., Ali, N., Alkassar, A., and Jameel, Y. 2018. The effect of partial replacement of maize by DPP on broiler performance. Journal of Pure and Applied Microbiology, 12(2): 807-813. doi:10.22207/jpam.12.2.42

Holzwarth, M., Korhummel S., Siekmann T., Carle, R. Kammerer, D.R. 2013. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology. 52: 131-138.

Table 5, cont.

Storage Time (Months)	Replacement (%)	Appearance	Texture	Flavor	Mouthfeel	Overall
1	0	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$8.4^{efgh} \pm 0.26$
	25	$8.9^{abc} \pm 0.26$	$8.9^{abcdef} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	50	$9.2^{ab} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.5^{ab} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$	$9.3^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$8.9^{bcdef} \pm 0.26$
	100	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$	$8.2^{ef} \pm 0.26$	$8.3^{e} \pm 0.26$	$8.4^{efgh} \pm 0.26$
2	0	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$	$9.3^{bcd} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$8.4^{efgh} \pm 0.26$
	25	$8.9^{abc} \pm 0.26$	$8.9^{abcdef} \pm 0.26$	$9.6^{ab} \pm 0.26$	$9.6^{ab} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	50	$9.3^{a} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$9.1^{abcde} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.0^{bcde} \pm 0.26$
	100	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.4^{fgh} \pm 0.26$	$8.2^{ef} \pm 0.26$	$8.3^{e} \pm 0.26$	$8.6^{defgh} \pm 0.26$
3	0	$8.9^{abc} \pm 0.26$	$8.9^{abcdef} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$8.3^{gh} \pm 0.26$
	25	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.6^{ab} \pm 0.26$	$9.5^{ab} \pm 0.26$
	50	$9.2^{ab} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$9.1^{abcde} \pm 0.26$	$9.3^{bcd} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$
	100	$8.2^{ef} \pm 0.26$	$8.4^{fgh} \pm 0.26$	$8.5^{e} \pm 0.26$	$8.5^{e} \pm 0.26$	$8.5^{efgh} \pm 0.26$
4	0	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$	$9.3^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$8.3^{fgh} \pm 0.26$
	25	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.5^{ab} \pm 0.26$
	50	$9.3^{a} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$8.9^{bcdef} \pm 0.26$
	100	$8.2^{ef} \pm 0.26$	$8.6^{efg} \pm 0.26$	$8.1^{f} \pm 0.26$	$8.1^{e} \pm 0.26$	$8.7^{defgh} \pm 0.26$
5	0	$8.7^{cd} \pm 0.26$	$8.7^{defg} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$8.3^{fgh} \pm 0.26$
	25	$8.9^{abc} \pm 0.26$	$8.9^{abcdef} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.5^{ab} \pm 0.26$
	50	$9.2^{ab} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$9.4^{a} \pm 0.26$	$9.3^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$8.8^{cdefg} \pm 0.26$
	100	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.3^{gh} \pm 0.26$	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.5^{e} \pm 0.26$	$8.5^{efgh} \pm 0.26$
6	0	$7.9^{f} \pm 0.26$	$7.9^{h} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$8.4^{efgh} \pm 0.26$
	25	$8.9^{abc} \pm 0.26$	$8.9^{abcdef} \pm 0.26$	$9.5^{abc} \pm 0.26$	$9.5^{abc} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	50	$9.2^{ab} \pm 0.26$	$9.3^{ab} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$9.0^{d} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$8.9^{bcdef} \pm 0.26$
	100	$8.3^{de} \pm 0.26$	$9.3^{ab} \pm 0.26$	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.3^{e} \pm 0.26$	$8.2^{h} \pm 0.26$

Mean ± SD Within columns, means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's (0.05).

CONCLUSION

DPP could be a successful source of dietary fiber functional food used as gelling agent. The use of DPP may also be an alternative to pectin in jam production.

REFERENCES

Abid, M., Cheikhrouhou, S., Cuvelier, G., Leverrier, C., Renard, C. M. G. C., Attia, H., and Ayadi, M. A. 2017a. Rheological properties of pomegranate peel suspensions: The effect of fibrous material and low-methoxyl pectin at acidic pH. Food Hydrocolloids. 62: 174–181.

Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M. G. C., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., and Ayadi, M. A. 2017b. Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. Food Chemistry. 215: 318–325.

Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H., and Ayadi, M. A. 2018. Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jams. Food Chemistry. 239: 1047–1054

Table 4, cont.

Storage Time (Months)	Replacement (%)	Bostwick	Viscosity at 50 rpm	Viscosity at 100 rpm	Hardness(g)	Adhesiveness (g.mm)	Cohesiveness
5	0	$0.2^{q} \pm 0.00$	$99033^{h} \pm 57.7$	$37567^{p} \pm 115.5$	$462^{m} \pm 2.9$	$202^{j} \pm 1.2$	$272^{m} \pm 1.7$
	25	$0.3^{p} \pm 0.06$	$89233^{m} \pm 57.7$	$45067^{k} \pm 115.5$	$517^{h} \pm 1.7$	$141^{u} \pm 1.2$	$280^{kl} \pm 1.7$
	50	$0.1^{rs} \pm 0.00$	$180000^{a} \pm 0.0$	$99767^{c} \pm 57.7$	$655^{c} \pm 1.7$	$218^{fg} \pm 1.2$	$320^{h} \pm 1.7$
	75	$0.1^{rs} \pm 0.00$	$66067^{j} \pm 115.5$	$39167^{n} \pm 57.7$	$698^{b} \pm 0.6$	$219^{ef} \pm 0.0$	$368^{e} \pm 1.2$
	100	$0.0^{t} \pm 0.00$	$64100^{r} \pm 173.2$	$26067^{w} \pm 115.5$	$426^{p} \pm 1.2$	$151^{s} \pm 0.6$	$446^{b} \pm 2.5$
6	0	$0.0^{t} \pm 0.00$	$106433^{f} \pm 57.7$	$26367^{v} \pm 57.7$	$475^{l} \pm 0.0$	$218^{gh} \pm 0.6$	$278^{l} \pm 0.6$
	25	$0.2^{qr} \pm 0.06$	$80767^{q} \pm 57.7$	$28100^{u} \pm 173.2$	$535^{f} \pm 1.7$	$144^{u} \pm 0.0$	$282^{k} \pm 2.3$
	50	$0.1^{qrs} \pm 0.06$	$188800^{a} \pm 0.0$	$110433^{a} \pm 57.7$	$644^{d} \pm 2.0$	$217^{hi} \pm 0.6$	$335^{g} \pm 4.6$
	75	$0.1^{st} \pm 0.06$	$47267^{j} \pm 115.5$	$32467^{t} \pm 115.5$	$823^{a} \pm 5.5$	$221^{d} \pm 0.6$	$370^{e} \pm 2.6$
	100	$0.0^{t} \pm 0.00$	$67267^{s} \pm 115.5$	$22067^{z} \pm 115.5$	$443^{n} \pm 3.5$	$144^{u} \pm 1.2$	$461^{a} \pm 1.5$

Mean ± SD Within columns, means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's (0.05).

Sensory Evaluation

The sensory properties of DPP strawberry jam for appearance, flavor, mouthfeel, and texture during storage, as shown in Table 5, indicated insignificant differences ($p>0.05$) in the sensory scores for color, taste, texture and overall acceptability in comparison to control sample. Overall, acceptability increased steadily up to the 6th month of storage, after that it was reduced with insignificant impact. The scores of appearance, flavor, mouthfeel, and texture were slightly higher at the end of the storage period than when freshly prepared. Similarly, overall acceptability fluctuated with the storage period. Appearance scores decreased somewhat due to chemical reactions between the components and organic acids in the jam. The decrease of jam color scores could be attributed to Maillard reactions, ascorbic acid degradation, and polymerization of anthocyanins with other phenolic (Akhtar *et al*., 2009 and Isah, 2017). Organic acid and sugars ratio primarily creates a sense of taste, which is felt by specialized taste buds in the tongue. The increase in the taste score might be due to an increase in reducing sugars as well as soluble solids content. The overall flavor impression is the result of the taste perceived by the taste buds in the mouth and the aromatic compounds detected by the epithelium of the olfactory organ in the mouth. The scores for flavor decreased with storage probably due to storage effect. Changes in taste are the most sensitive index for detection of quality deterioration during storage, followed by color (Akhtar *et al*., 2009). Texture is comprised of those properties of a product that can be appraised visually or by touch. Jam and syrup remained acceptable to the panelists up to the end of the storage period. Akhtar *et al*. (2009) reported that sensory traits are not generally inter-related and contribute independently towards the overall sensory perception.

Table 5: Sensory Evaluation of strawberry Jam with addition of DPP.

Storage Time (Months)	Replacement (%)	Appearance	Texture	Flavor	Mouthfeel	Overall
0	0	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$8.3^{gh} \pm 0.26$
	25	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$8.8^{bcdef} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.7^{a} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	50	$9.2^{ab} \pm 0.26$	$9.2^{abcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.2^{bcd} \pm 0.26$	$9.3^{abc} \pm 0.26$
	75	$8.8^{bc} \pm 0.26$	$9.1^{abcde} \pm 0.26$	$9.1^{cd} \pm 0.26$	$9.3^{abcd} \pm 0.26$	$8.9^{bcdef} \pm 0.26$
	100	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.4^{fgh} \pm 0.26$	$8.3^{ef} \pm 0.26$	$8.4^{e} \pm 0.26$	$8.5^{efgh} \pm 0.26$

in pectin concentration. This is in line with the studies previously done by Nwosu *et al*. (2014).

Viscosity, adhesiveness, cohesiveness, and texture of pectin replaced jam by DPP increased during the storage period. This could be due to effect of the hydration properties of the DPP fiber matrix as reported in the study of Thibault *et al.* (1992). However, Abid (2018) indicated that pomegranate fiber weakened texture strength of jam.

Replacing commercial pectin by DPP fiber enhanced firmness and adhesiveness concerning the characteristics of pectins as reported by Abid *et al*. (2017a and b). Samples enriched with DPP (particularly 50% replacement) exhibited higher firmness and adhesiveness according to Dhingra *et al.* (2012). Fibers supported jam enrich network formed by pectin. This is consistent with the study of Igual *et al*. (2014). The ability of DPP dietary fiber to avoid syneresis and increase water binding capacity was reported by Kuntz (1994) and matching fiber matrix with a gelling agent as reported by Thibault *et al*. (1992).

Table 4: Physical parameters of strawberry Jam with addition of DPP.

Storage Time (Months)	Replacement (%)	Bostwick	Viscosity at 50 rpm	Viscosity at 100 rpm	Hardness(g)	Adhesiveness (g.mm)	Cohesiveness
0	0	$8.0^{a} \pm 0.00$	$13633^{z} \pm 57.7$	$9643^{z} \pm 5.8$	$242^{y} \pm 0.6$	$149^{t} \pm 0.6$	$146^{u} \pm 1.2$
	25	$7.0^{b} \pm 0.00$	$11633^{z} \pm 57.7$	$8153^{z} \pm 57.7$	$285^{x} \pm 1.2$	$135^{xy} \pm 0.0$	$160^{t} \pm 0.6$
	50	$6.8^{c} \pm 0.06$	$8163^{z} \pm 5.8$	$6280^{z} \pm 0.0$	$426^{p} \pm 0.0$	$228^{b} \pm 0.6$	$188^{r} \pm 1.2$
	75	$6.5^{d} \pm 0.06$	$7567^{z} \pm 57.7$	$5083^{z} \pm 5.8$	$486^{k} \pm 1.7$	$192^{mn} \pm 0.6$	$197^{q} \pm 1.7$
	100	$5.5^{e} \pm 0.06$	$6833^{z} \pm 57.7$	$4637^{z} \pm 28.9$	$237^{z} \pm 0.0$	$261^{a} \pm 0.6$	$223^{p} \pm 3.0$
1	0	$2.0^{i} \pm 0.00$	$44433^{z} \pm 57.7$	$23133^{yz} \pm 57.7$	$299^{v} \pm 0.0$	$151^{s} \pm 0.6$	$200^{q} \pm 1.2$
	25	$2.3^{g} \pm 0.06$	$77567^{r} \pm 57.7$	$23133^{yz} \pm 57.7$	$293^{w} \pm 1.5$	$135^{y} \pm 0.6$	$178^{s} \pm 0.6$
	50	$2.1^{h} \pm 0.06$	$81033^{p} \pm 57.7$	$33633^{r} \pm 115.5$	$438^{o} \pm 1.5$	$227^{bc} \pm 0.6$	$244^{o} \pm 1.2$
	75	$2.1^{h} \pm 0.00$	$87033^{n} \pm 57.7$	$23033^{z} \pm 57.7$	$507^{j} \pm 5.1$	$193^{m} \pm 0.6$	$223^{p} \pm 1.2$
	100	$2.4^{f} \pm 0.06$	$39033^{z} \pm 57.7$	$33133^{s} \pm 57.7$	$238^{z} \pm 0.6$	$220^{d} \pm 0.6$	$299^{j} \pm 1.7$
2	0	$1.0^{m} \pm 0.00$	$53867^{y} \pm 57.7$	$37267^{q} \pm 57.7$	$363^{s} \pm 0.6$	$165^{p} \pm 0.0$	$224^{p} \pm 1.7$
	25	$1.4^{j} \pm 0.00$	$98133^{i} \pm 57.7$	$44167^{l} \pm 115.5$	$296^{v} \pm 2.5$	$136^{x} \pm 0.0$	$199^{q} \pm 1.7$
	50	$1.1^{l} \pm 0.00$	$96000^{l} \pm 0.0$	$56833^{g} \pm 57.7$	$446^{n} \pm 1.2$	$226^{c} \pm 1.2$	$29^{9} \pm 1.2$
	75	$1.2^{k} \pm 0.06$	$99067^{h} \pm 115.5$	$39633^{m} \pm 57.7$	$531^{g} \pm 1.7$	$195^{l} \pm 0.0$	268n ± 1.2
	100	$0.5^{o} \pm 0.00$	$47033^{z} \pm 57.7$	$38033^{o} \pm 57.7$	$238^{z} \pm 0.6$	$197^{k} \pm 1.7$	$335^{g} \pm 2.3$
3	0	$0.5^{o} \pm 0.00$	$64833^{u} \pm 57.7$	$48500^{j} \pm 100$	$387^{r} \pm 0.6$	$180^{o} \pm 0.6$	$246^{o} \pm 1.7$
	25	$0.6^{m} \pm 0.06$	$102433^{g} \pm 57.7$	$62067^{f} \pm 115.5$	$399^{q} \pm 1.7$	$138^{v} \pm 0.6$	$246^{o} \pm 2.5$
	50	$0.3^{p} \pm 0.06$	$124000^{d} \pm 0.0$	$70767^{d} \pm 57.7$	$543^{e} \pm 0.0$	$220^{de} \pm 0.0$	$301^{j} \pm 1.2$
	75	$0.2^{q} \pm 0.00$	$123233^{e} \pm 57.7$	$54733^{h} \pm 115.5$	$543^{e} \pm 1.7$	$202^{j} \pm 1.2$	$300^{j} \pm 1.7$
	100	$0.1^{r} \pm 0.06$	$58433^{x} \pm 57.7$	$23233^{y} \pm 57.7$	$303^{u} \pm 2.9$	$159^{q} \pm 1.2$	$399^{d} \pm 2.3$
4	0	$0.5^{o} \pm 0.06$	$81533^{o} \pm 57.7$	$44067^{l} \pm 115.5$	$396^{q} \pm 3.5$	$191^{n} \pm 0.6$	$266^{n} \pm 2.3$
	25	$0.5^{o} \pm 0.00$	$99133^{h} \pm 57.7$	$66167^{e} \pm 208.2$	$513^{i} \pm 2.3$	$138^{w} \pm 0.6$	$266^{n} \pm 0.0$
	50	$0.2^{q} \pm 0.00$	$154000^{c} \pm 0.0$	$80233^{c} \pm 57.7$	$647^{d} \pm 2.3$	$219^{fg} \pm 0.6$	$306^{i} \pm 2.9$
	75	$0.2^{qr} \pm 0.06$	$97033^{k} \pm 57.7$	$50233^{i} \pm 115.5$	$546^{e} \pm 3.5$	$216^{i} \pm 0.6$	$345^{f} \pm 1.2$
	100	$0.1^{rs} \pm 0.00$	$60067^{w} \pm 115.5$	$24333^{x} \pm 57.7$	$350^{s} \pm 0.6$	$156^{r} \pm 0.6$	$412^{c} \pm 1.5$

Table 3, cont.

Storage Time (months)	Replacement (%)	Acidity (%)	pH	Brix°
4	0	$0.66^{efg} \pm 0.01$	$2.81^{jk} \pm 0.01$	$64.60^{ef} \pm 0.00$
	25	$0.66^{efg} \pm 0.01$	$2.85^{hi} \pm 0.01$	$64.63^{de} \pm 0.06$
	50	$0.66^{fgh} \pm 0.01$	$2.88^{gh} \pm 0.01$	$64.53^{f} \pm 0.06$
	75	$0.68^{bcd} \pm 0.01$	$2.85^{hi} \pm 0.01$	$64.43^{g} \pm 0.06$
	100	$0.68^{cd} \pm 0.00$	$2.78^{klmno} \pm 0.01$	$64.33^{hi} \pm 0.06$
5	0	$0.67^{de} \pm 0.01$	$2.80^{ikl} \pm 0.01$	$64.77^{bc} \pm 0.06$
	25	$0.67^{de} \pm 0.01$	$2.79^{klm} \pm 0.01$	$64.73^{bc} \pm 0.06$
	50	$0.67^{ef} \pm 0.01$	$2.81^{jk} \pm 0.01$	$64.70^{cd} \pm 0.00$
	75	$0.69^{ab} \pm 0.01$	$2.79^{klmn} \pm 0.01$	$64.53^{f} \pm 0.06$
	100	$0.69^{bc} \pm 0.01$	$2.76^{mno} \pm 0.01$	$64.53^{f} \pm 0.06$
6	0	$0.68^{bcd} \pm 0.01$	$2.79^{klm} \pm 0.01$	$65.00^{a} \pm 0.00$
	25	$0.68^{bcd} \pm 0.01$	$2.74^{o} \pm 0.01$	$64.80^{b} \pm 0.00$
	50	$0.68^{bcd} \pm 0.01$	$2.77^{lmno} \pm 0.01$	$64.77^{bc} \pm 0.06$
	75	$0.70^{a} \pm 0.01$	$2.76^{mno} \pm 0.01$	$64.63^{de} \pm 0.06$
	100	$0.70^{a} \pm 0.01$	$2.75^{no} \pm 0.01$	$64.60^{ef} \pm 0.00$

Mean ± SD Within columns, means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's (0.05).

Physical Parameters

The physical characteristics of strawberry jam after addition of DPP like Bostwick, viscosity, hardness, adhesiveness, and cohesiveness are shown in table 4. Bostwick consistency indicator values due to 0.1% and 0.2 % DPP usage (which represent 25% and 50% replacement of pectin), was almost identical to the control sample values at the beginning of storage period. However, during storage progressing, it increased compared to the control sample. In line with present research objectives, improvement of consistency of jam by using different kinds of fiber was the target point for studies including peach dietary fiber (Grigelmo-Maguel and Martin-Belloso 1999) bamboo fibre (Igual *et al*., 2014), tomato pomace fiber (Belovic´ *et al*., 2017), and pomegranate peel fiber (Abid *et al*., 2018).

Viscosity results at 50 and 100 rpm of strawberry jam after additions of DPP particularly for 0.2% and 0.3 % treatments (which represent 50% and 75% replacement of pectin) did not appear to increase with DPP fiber addition until the second month of storage. Developments of viscosity as a result of fiber adding were mentioned in similar researches (Igual *et al*., 2014; Belovic´ *et al*., 2017; Abid *et al*., 2018). Richness in thickeners, with regards to gelling agent caused the highest hardness or firmness and adhesiveness (Al-Hooti *et al*., 1995). Hardness or firmness for strawberry jam after addition of DPP (Table 4) is defined as the force required in achieving a given deformation. Hardness value is directly proportional to the DPP addition at the beginning of storage period while treatments 0.2% and 0.3% retained the increase of hardness until the last month of storage (the 6th month). Therefore, these results support pectin replacement by DPP fiber due to an increase of elasticity active polymeric chains in the pectin structure as reported by both Basu and Shivhare (2010) and Belovic´*et al*. (2017). They asserted that fiber particles are incorporated in jam pectin network to act as a lubricant. As pectin was used to obtain a viscous texture suitable for increasing the viscosity of preparation, the viscosity of jam was noted to rise with the gradual increase

Chemical Parameters

Addition of DPP to strawberry jams decreased the pH of the final products in all treatments. The pH results of the jam formulations used as a control ranged from 2.90 ± 0.01 to 2.79 ± 0.01 at the end of storage. Regarding DPP addition, there was a subsequent decrease in pH value (Table 3). The present results of pH matched Hussain and Shakir (2010) and Abid *et al*. (2018) findings. Low pH is required for food products like Jams to prevent bacterial contamination and growth. The pH of the jam also affects the viscosity of the final product. Gel firmness depends on pH and the range of pH to support the formation of gel varies from 3 to 3.5. The pH of the jam also affects the viscosity of the final product. Gel firmness depends upon pH, and the range of pH to form gel varies from 3 to 3.5. The value of thickness was not entirely predictable since it also depends on other factors such as temperature, the degree of methylation, the concentration of pectin used, or any alkaline earth salts that may be present (Panda 2011). Acidity is one of the most vital parameters influencing pectin gelation, texture and overall quality of fruit jams that should be controlled (Garrido *et al*., 2015). The acidity of the control treatment correlated with pH slightly increased from 0.65% ± 0.00 to 0.68% ± 0.01 at the end of storage. Acidity increased due to reduced sugars or pectin conversion to pectic acid, and this result was similar to the finding of Kanwal *et al*. (2017). The bright indication for dry matter contents varied in all treatments between 64.10 ± 0.00 and 65.00 ± 0.00 %. Meanwhile, in all treatments, dry matter was slightly increased during the storage period. Increase in brightness may be due to solublization of jam ingredients or components throughout storage and acid hydrolysis of pectin and fiber. This is similar to Muhammad *et al*. (2008) and Safdar *et al*. (2012) findings.

Table 3: Chemical parameters of strawberry Jam with addition of DPP.

Storage Time (months)	Replacement (%)	Acidity (%)	pH	Brix°
0	0	$0.65^{hij} \pm 0.00$	$2.90^{fg} \pm 0.01$	$64.30^{ij} \pm 0.00$
	25	$0.63^{lmn} \pm 0.00$	$2.99^{c} \pm 0.01$	$64.20^{kl} \pm 0.00$
	50	$0.62^{n} \pm 0.00$	$3.07^{b} \pm 0.06$	$64.20^{kl} \pm 0.00$
	75	$0.63^{mn} \pm 0.01$	$3.15^{a} \pm 0.01$	$64.10^{mn} \pm 0.00$
	100	$0.64^{klm} \pm 0.01$	$3.17^{a} \pm 0.06$	$64.00^{o} \pm 0.00$
1	0	$0.65^{hij} \pm 0.00$	$2.88^{gh} \pm 0.01$	$64.33^{hi} \pm 0.06$
	25	$0.63^{klm} \pm 0.01$	$2.98^{c} \pm 0.01$	$64.23^{jk} \pm 0.06$
	50	$0.63^{mn} \pm 0.01$	$3.03^{b} \pm 0.06$	$64.23^{jk} \pm 0.06$
	75	$0.64^{ijk} \pm 0.01$	$3.07^{b} \pm 0.01$	$64.13^{lm} \pm 0.06$
	100	$0.64^{ijk} \pm 0.01$	$3.13^{a} \pm 0.06$	$64.03^{no} \pm 0.06$
2	0	$0.65^{ghi} \pm 0.01$	$2.85^{hi} \pm 0.01$	$64.40^{gh} \pm 0.00$
	25	$0.64^{ijk} \pm 0.01$	$2.96^{cd} \pm 0.01$	$64.30^{ij} \pm 0.00$
	50	$0.63^{klm} \pm 0.01$	$2.97^{cd} \pm 0.01$	$64.30^{ij} \pm 0.00$
	75	$0.65^{hij} \pm 0.00$	$2.93^{de} \pm 0.01$	$64.23^{jk} \pm 0.06$
	100	$0.66^{fgh} \pm 0.01$	$2.99^{c} \pm 0.01$	$64.13^{lm} \pm 0.06$
3	0	$0.66^{fgh} \pm 0.00$	$2.83^{ij} \pm 0.01$	$64.43^{g} \pm 0.06$
	25	$0.65^{ghi} \pm 0.01$	$2.87^{ghi} \pm 0.01$	$64.43^{g} \pm 0.06$
	50	$0.64^{jkl} \pm 0.00$	$2.93^{ef} \pm 0.01$	$64.33^{hi} \pm 0.06$
	75	$0.66^{fgh} \pm 0.01$	$2.88^{gh} \pm 0.01$	$64.33^{hi} \pm 0.06$
	100	$0.66^{fgh} \pm 0.01$	$2.88^{gh} \pm 0.01$	$64.23^{jk} \pm 0.06$



Figure 1. Appearance strawberry jams with DPP.

Table 2: Color Measurements of strawberry Jam with addition of DPP.

Storage Time (months)	Replacement (%)	*L**	*a**	*b**	*a*/*b*
0	0	$11.23^{i} \pm 0.01$	$4.16^{q} \pm 0.01$	$3.03^{s} \pm 0.01$	$1.37^{a} \pm 0.01$
	25	$11.42^{e} \pm 0.02$	$4.22^{op} \pm 0.01$	$3.08^{r} \pm 0.02$	$1.37^{a} \pm 0.01$
	50	$11.54^{d} \pm 0.02$	$4.22^{nop} \pm 0.01$	$3.09^{r} \pm 0.02$	$1.37^{a} \pm 0.01$
	75	$11.64^{b} \pm 0.02$	$4.25^{mno} \pm 0.03$	$3.11^{q} \pm 0.02$	$1.36^{a} \pm 0.01$
	100	$11.68^{a} \pm 0.01$	$4.25^{mn} \pm 0.03$	$3.12^{q} \pm 0.01$	$1.36^{a} \pm 0.01$
1	0	$11.11^{k} \pm 0.01$	$4.21^{p} \pm 0.00$	$3.07^{r} \pm 0.01$	$1.37^{a} \pm 0.00$
	25	$11.32^{g} \pm 0.02$	$4.26^{lm} \pm 0.01$	$3.13^{pq} \pm 0.02$	$1.36^{a} \pm 0.01$
	50	$11.42^{e} \pm 0.02$	$4.28^{lm} \pm 0.01$	$3.13^{pq} \pm 0.02$	$1.37^{a} \pm 0.01$
	75	$11.52^{d} \pm 0.02$	$4.27^{lm} \pm 0.03$	$3.14^{op} \pm 0.02$	$1.36^{a} \pm 0.01$
	100	$11.57^{c} \pm 0.01$	$4.29^{kl} \pm 0.01$	$3.16^{no} \pm 0.01$	$1.36^{a} \pm 0.00$
2	0	$10.98^{m} \pm 0.01$	$4.29^{kl} \pm 0.01$	$3.12^{pq} \pm 0.01$	$1.38^{a} \pm 0.00$
	25	$11.19^{j} \pm 0.02$	$4.33^{ij} \pm 0.01$	$3.17^{n} \pm 0.02$	$1.37^{a} \pm 0.01$
	50	$11.27^{h} \pm 0.03$	$4.33^{ij} \pm 0.02$	$3.18^{mn} \pm 0.01$	$1.36^{a} \pm 0.01$
	75	$11.39^{f} \pm 0.01$	$4.33^{ij} \pm 0.02$	$3.18^{mn} \pm 0.01$	$1.36^{a} \pm 0.01$
	100	$11.44^{e} \pm 0.01$	$4.37^{gh} \pm 0.02$	$3.21^{lm} \pm 0.02$	$1.36^{a} \pm 0.01$
3	0	$10.87^{op} \pm 0.01$	$4.32^{jk} \pm 0.01$	$3.22^{l} \pm 0.00$	$1.34^{b} \pm 0.00$
	25	$11.07^{l} \pm 0.02$	$4.37^{gh} \pm 0.02$	$3.27^{k} \pm 0.02$	$1.34^{b} \pm 0.00$
	50	$11.18^{j} \pm 0.01$	$4.36^{hj} \pm 0.03$	$3.28^{jk} \pm 0.01$	$1.33^{bc} \pm 0.01$
	75	$11.27^{h} \pm 0.02$	$4.36^{hj} \pm 0.04$	$3.30^{jk} \pm 0.02$	$1.32^{c} \pm 0.02$
	100	$11.33^{g} \pm 0.01$	$4.40^{efg} \pm 0.01$	$3.31^{j} \pm 0.02$	$1.33^{bc} \pm 0.01$
4	0	$10.65^{t} \pm 0.01$	$4.38^{fgh} \pm 0.01$	$3.56^{i} \pm 0.01$	$1.23^{d} \pm 0.00$
	25	$10.85^{op} \pm 0.01$	$4.42^{de} \pm 0.01$	$3.62^{h} \pm 0.01$	$1.22^{d} \pm 0.01$
	50	$10.96^{n} \pm 0.02$	$4.44^{cd} \pm 0.00$	$3.63^{h} \pm 0.01$	$1.22^{d} \pm 0.00$
	75	$11.06^{l} \pm 0.02$	$4.46^{c} \pm 0.02$	$3.65^{gh} \pm 0.03$	$1.22^{d} \pm 0.01$
	100	$11.12^{hk} \pm 0.03$	$4.46^{c} \pm 0.02$	$3.66^{g} \pm 0.03$	$1.22^{d} \pm 0.01$
5	0	$10.43^{w} \pm 0.02$	$4.41^{ef} \pm 0.01$	$3.78^{f} \pm 0.01$	$1.17^{e} \pm 0.00$
	25	$10.63^{t} \pm 0.02$	$4.46^{c} \pm 0.01$	$3.82^{e} \pm 0.01$	$1.17^{e} \pm 0.00$
	50	$10.74^{r} \pm 0.02$	$4.47^{bc} \pm 0.01$	$3.83^{e} \pm 0.02$	$1.17^{e} \pm 0.01$
	75	$10.84^{q} \pm 0.02$	$4.46^{c} \pm 0.04$	$3.84^{de} \pm 0.02$	$1.16^{e} \pm 0.00$
	100	$10.88^{o} \pm 0.02$	$4.50^{b} \pm 0.01$	$3.86^{D} \pm 0.01$	$1.16^{e} \pm 0.00$
6	0	$10.28^{x} \pm 0.01$	$4.47^{bc} \pm 0.01$	$3.95^{c} \pm 0.01$	$1.13^{f} \pm 0.00$
	25	$10.49^{v} \pm 0.01$	$4.53^{a} \pm 0.01$	$3.98^{bc} \pm 0.03$	$1.14^{f} \pm 0.01$
	50	$10.58^{u} \pm 0.01$	$4.54^{a} \pm 0.02$	$4.00^{b} \pm 0.02$	$1.14^{f} \pm 0.01$
	75	$10.69^{s} \pm 0.02$	$4.53^{a} \pm 0.02$	$4.01^{ab} \pm 0.02$	$1.13^{f} \pm 0.01$
	100	$10.74^{r} \pm 0.01$	$4.55^{a} \pm 0.01$	$4.04^{a} \pm 0.06$	$1.13^{f} \pm 0.02$

Mean ± SD Within columns, means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's (0.05).

to Holzwarth *et al*. (2013). Strawberry jams were cooked until the final product contained 67% of soluble solids (determined by refractometer). The jam was cooled at room temperature for 60 min before filling and sealing in 0.5 L glass jars. The jam samples were stored for six months at 5°C.

Color and Chemical Analysis

Hunter-Lab color (measurement *L* a* b** which *L** for the lightness, *a** and *b** for the green–red and blue–yellow color components) was used to determine the color of jam samples (CIE 2004 and Renuka *et al*., 2010). Color measurement in *L*a*b** units measured in glass sample cup of Hunter Lab (color flex®) instrument (Reston, VA, USA) according to Hunter and Richard (1987).

The pH of the jam medium was measured using an Orion pH meter (501, USA). The acidity of the citric and solubility of the solids (°Brix) was determined using Abbe Refractometer Model 10494 according to determined according to AOAC (2000).

Physical Analysis

The consistency of jam treatments was measured in triplicate by Bostwick consistometer at 25°C as (mm/g) according to Bourne (1982). Viscosity (centipoise) was detected by Brookfield methods (DV3+pro, USA) with 50 and 100 rpm speed. Brookfield Rheometer, type 10K USA measured hardness or firmness and adhesiveness of jam samples.

Statistical Analysis

The date was analyzed using SPSS software. Analysis of variance was assessed by ANOVA test and expressed at $p<0.05$ statistical significance level. Means comparison was assessed using to Duncan multiple range test.

Sensory Evaluation

According to Ranganna (2008), sensory evaluation scoring type was carried out to assign separation, texture, color, flavor, and overall acceptability. There were twenty points for each attribute acceptance except overall acceptability, which has 100 points.

RESULTS AND DISCUSSION

Color Measurements

Figure1 and table 2 illustrate color appearance and measurements (The average *L**, *a**, *b**) values of strawberry jam with the addition of DPP. Table 2 revealed that the increase in DPP concentration from 0.1% to 0.3% (0.1% and 0.3% represent 25% and 75% replacement of pectin) in jams increased *a** values (redness) during the six months of study. Comparable data were reported by Phimpharian *et al*. (2011) where positive relationship between fiber adding and *a** value was noticed. The redness factor was due to the anthocyanins contents according to Emerton (2008) in addition to water binding materials acted as co-pigment as stated by Lewis *et al*., 1995, that led to the increase jam red color (*a** values). DPP addition level increased the lightness, *L** at the beginning of storage then decreased later for all treatments at the end of storage. The addition of DPP increased the reflectance and consequently the lightness of the jam samples as a result of its characteristic color (Igual *et al*., 2014). For that reason, the addition of DPP turned the strawberry jam a bit dark (Fig. 1) although no red colorings were added. The change in color values may be due to non-enzymatic browning reactions. Damiani *et al*. (2012) noticed a decrease in color of the jam during a year of storage. In addition, Besbes *et al*. (2009) reported the same in their two months' study. These differences in color could be due to pectin's characteristics, particularly with other gelling agent or fiber. Anthocyanin contents strongly depend on pectin variety for electrostatic interactions of carboxylic groups (Hubbermann *et al*., 2006 and Holzwarth *et al*., 2013).

The past results of Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso (1999) indicated an inverse relationship between dietary fiber after increasing the redness, yellowness, and lightness. The darkness may be due to non-enzymatic (Maillard) browning. Krokida and Maroulis (2000) indicated that water removal prevents enzymatic browning causing color stability.

thus making them potential preservatives that will improve the stability and shelf life of the jams and jellies. DPP are stable and compatible with most food products under most environmental conditions. According to Ciurzyńska *et al.* (2015), DPP have low energy content and considered an ideal food ingredient with a variety of essential nutrients and possible health benefits.

Aldhaheri *et al*. (2014) reported that DPP fibers exhibit unique antioxidant properties. DPP also have higher concentration of acid detergent fibers compared to neutral detergent fibers and higher amounts of lignin that make the DPP resistance to oxidizing agents (Liu *et al*., 2013). The components of the DPP determine its potential uses in food properties and the need to perform studies to assess its qualities that could make it the best gelling agent as compared to the pectin gelling agent for jams' formulation.

DPP have well-balanced solubility and other physicochemical properties that put them at a better position to replace the pectin gelling agent in jam formulation. DPP can improve the shape, thickness, and firmness for jam s and jellies (Ghazanfari *et al*., 2006). No researches were reported on replacing pectin in a jam by DPP, so the purpose of this research is to determine the effectiveness of DPP as the replacement of pectin gelling agent in strawberry jam's formulation.

MATERIAL AND METHODS

Date Pits Powder

Local khalas DPP in (Al-ahsa, Saudi Arabia) was prepared according to Suresh *et al.* (2013). DPP were washed, oven dried at 50°C for 48 hours then crushed and milled using grinding mill (Guangzhou Mingyue – China). The prepared pits powder according to Habib and Ibrahim (2009) contained 7.5, 10.5, 5.7, 1.05, and 78.3% (g/100 g) moisture, fat, protein, ash, and fiber, respectively.

Ingredients and Experimental Design

Jam ingredients and formulation (Table 1) was used for the production of strawberry jam with different percentage of DPP. All components were obtained locally for strawberry jam preparations.

Table 1. Formulation of strawberry jam treatments with different percentage of DPP.

Strawberry jam formulation	Control (0.0%)		1 (0.1%)		2 (0.2%)		3 (0.3%)		4 (0.4%)	
% of replacement	0		25%		50%		75%		100%	
Items	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Sugar	1025	63.1	1025	63.1	1025	63.1	1025	63.1	1025	63.1
Frozen Strawberry 7% TS	585.9	36.06	585.9	36.06	585.9	36.06	585.9	36.06	585.9	36.06
Pectin	6.298	0.388	4.716	0.29	3.149	0.194	1.582	0.097	0	0
DPP	0	0	1.582	0.097	3.149	0.194	4.716	0.29	6.298	0.388
Citric acid	7.323	0.451	7.323	0.451	7.323	0.451	7.323	0.451	7.323	0.451
Strawberry Flavor	0.146	0.009	0.146	0.009	0.146	0.009	0.146	0.009	0.146	0.009
*Water	-24.86	-1.53	-23.28	-1.433	-21.71	-1.336	-20.15	-1.24	-18.57	-1.143
**Total 67% TS	1625	100	1625	100	1625	100	1625	100	1625	100

*The added water was withdrawn by vacuum during evaporation.

** Trail batch of the preparations (1.625 kg of final product).

Preparation of Jam

Local market strawberries were kept at –20°C before use. Frozen strawberries (pH 3.65 ± 0.01 with soluble solids content of 6.1 ± 0.1.), crystallized sucrose, and water were mixed. The mixture was allowed to boil for 10 min, after which, citric acid and pectin (Grindsted MM Pectin, Danisco Ingredients, Brabrand, Denmark) were added according

Effects of Replacing Pectin with Date Pits Powder in Strawberry Jam Formulation

Nashi Khalid Alqahtani

Department of Food and Nutrition Sciences, College of Agricultural and Food Sciences, King Faisal University, Al Hofuf, Kingdom of Saudi Arabia

Received 12 December 2018 - Accepted 14 May 2019

https://doi.org/10.37575/b/agr/2029

ABSTRACT

The importance of date (*Phoenix dactylifera*) pits as an agricultural waste arise from its large dietary fiber contents despite its limited usage in food processing. For this reason, replacing pectin in jam production with date pits powder (DPP) has been considered as a promising research area. This study aimed at evaluating the effects of pectin replacement in a strawberry jam with Khalas palm dates pits powder (DPP) as a novel source of dietary fiber. The examined treatments were replacing 25% of pectin by DPP (0.1%DPP and 0.3% pectin), 50% (0.2%DPP and 0.2% pectin), 75% (0.3 %DPP and 0.1% pectin), and 100% (0.4% %DPP and 0.0% pectin) compared with control treatment at 0.0% DPP and 0.4% pectin. Prepared strawberry jam samples were evaluated monthly for chemical, textural and sensory for six months storage duration. The results indicated that all treatments of pectin replacement have a positive relationship with color parameters. A slight increase in acidity, dry matter contents, Bostwick (consistency indicator) during storage period was also noticed. Replacement treatments at 50% and 75% varied and showed an increase in viscosity, hardness, cohesiveness, and adhesiveness for the strawberry jam samples during the storage period. There were no significant differences ($p>0.05$) in the sensory scores for color, taste, and texture. Overall acceptability increased steadily up to the 6th month of storage. The use of DPP as a novel source of dietary fiber may be an alternative to pectin in jam production.

Key Words: Date pits, Dietary fiber, Pectin alternative, Strawberry jam, Textural properties

INTRODUCTION

Gelling agents were used in jam products to ensure there is thickness consistency hence firm enough to suspend the fruit puree-sugar in a steady position (Draye and Van Cutsem, 2017). According to Hammod *et al*. (2018), pectin was the primary gelling agent used in some industry. In addition, it is also used to provide the required thickness and firmness for making jams and jellies (Bergholt 2010). However, Munami (2016) reported that pectin, as a gelling agent, exists in different colors and concentrations hence leading to the production of non-uniform jams and jellies. A study by Nostral (2014) found that pectin gelling agents could be classified into two broad classes, which include low methoxyl (LM) pectin (<50% methylation) and high methoxyl (HM) pectin (>50% of methylation). The two forms of pectin coexistence makes it difficult to separate by available techniques, hence making it unsuitable gelling agent for some food products. This stimulated the need to find alternative gelling agents that have minimal variations and compatible with most jams and jellies products. The new gelling agent would improve the organoleptic properties such as color, texture, taste, and shape; hence improving the ability to attract more consumers. The new gelling formulation shall also enhance the stability and shelf life of the jam s and jellies (Javanmard *et al*., 2012 and Aldhaheri *et al*., 2014).

Studies have shown that DPP contain large quantities of fibers that have some health benefits to human beings. In addition, they can provide thickness and firmness required in jam and jellies formulations (Ghazanfari *et al*., 2006 and Mirghani *et al*., 2012a). DPP composition entails 1%-2% ash, 5%-7% proteins, 5%–10% moisture, 7%–10% oil, 10%–20% crude fiber, and 55%–65% carbohydrates on dry mater basis. Studies of Wahini (2016) stated that fibers content in the DPP ranged between 57.0 and 57.5% and DPP contains hemicelluloses at 17.5%, lignin at 11%, cellulose at 42.5%, and ash at 4%. Moreover, the DPP' seeds are good source of natural antioxidants (Messaoudi *et al*., 2013),

الخواص الإلكترونية للسليولوز من خلال تقنيات النمذجة الجزيئية لمعالجة المياه غير الصالحة للشرب

عبد الباسط مكي[1]، [2] عبد العزيز سليمان العبودي[3]

(1) كلية العلوم والآداب بالمذنب، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية
(2) المعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا، البحيرة، مصر
(3) قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة ، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

استلام 14 يناير 2019م - قبول 30 يناير 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2046

الملخص

محاولة تحسين الخصائص الإلكترونية للسليلوز هي واحدة من التقنيات المهمة التي استخدمت في تطوير وسائل معالجة المياه غير الصالحة للشرب. الهدف من هذا العمل هو دراسة خصائص السليولوز Ce من خلال تحسين تركيبه بخلطه مع الشيتوزان Cs وأيضا مع ثاني أكسيد التيتانيوم النانومتري TiO_2، وقد تم تطعيم أو تشويب مزيج Cs/Ce بإدخال TiO_2. استخدم توظيف النمذجة الجزيئية لمزيج أو خليط معدل طبيعيًا في امتصاص العناصر الثقيلة من البيئة المائية غير الصالحة للشرب. واستخدمت المركبات النانوية الناتجة (Ce /TiO_2)، ($Ce /Cs /TiO_2$) لإظهار التركيب الهندسي الأمثل وبعض الخصائص الإلكترونية للعينات. ونتيجة لذلك، ولتطعيم البوليمرات تحت الدراسة، تم الحصول على "nano-composites (PNCs) polymer" مركبات البوليمرات النانومترية (PNCs) وبها زيادة في طول روابط الاتصال بين الذرات المتجاورة لتتكيف مع التركيبات الهندسية المحسنة optimized geometry كما وجدت زيادة في عزم ثنائي القطب، وانخفاض في جهد التأين وقيمة طاقة الفجوة HOMO-LUMO مقارنة مع مكوناتها الأصلية من Ce النقي. وبالتالي فإن قدرة المزيج النانوي قد تحسنت من أجل امتصاص ملوثات المعادن الثقيلة في المياه غير الصالحة للشرب.

الكلمات المفتاحية: ثاني أكسيد التيتانيوم النانومتري TiO_2، الخصائص الإلكترونية، مزيج (السليلوز/ الشيتوزان)، نموذج جاوسيان.

Razzaz, A., Ghorban, S., Hosayni, L., Irani, M., and Aliabadi, M. 2016. chitosan nanofibers functionalized by TiO_2 nanoparticles for the removal of heavy metal ions. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 58: 333–343. https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.06.003

Shtepliuk, I., and Yakimova, R. 2018. Interband absorption in few-layer graphene quantum dots: Effect of heavy metals. Materials. 11: 1217. https://doi.org/10.3390/ma11071217

Taha, A.A., Wu, Y. na, Wang, H., and Li, F. 2012. Preparation and application of functionalized cellulose acetate/silica composite nanofibrous membrane via electrospinning for Cr(VI) ion removal from aqueous solution. Journal of Environmental Management. 112: 10–16. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.031

Yang, S.H., Pettiette, C.L., Conceicao, J., Cheshnovsky, O., and Smalley, R.E. 2013. Reprint of UPS of buckminsterfullerene and other large clusters of carbon. Chemical Physics Letters. 589: 31–34. https://doi.org/10.1016/J.CPLETT.2013.08.063

Zhou, Y., Jin, Q., Zhu, T., and Akama, Y. 2011. Adsorption of chromium (VI) from aqueous solutions by cellulose modified with β-CD and quaternary ammonium groups. Journal of Hazardous Materials. 187: 303–310. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.025

CONCLUSION

The results of the simulation process demonstrate that blending process of Ce, Cs/Ce, and TiO_2 changed them into one structural unit via glycosidic bond, (C-O-C), of the glucose engagement ring. However, the blended process did not change the molecular construction of the polymers and the nano-metal oxide. This blending process produced optimized geometries that contain higher dipole moment, lower ionization potential, and low HOMO-LUMO energy gaps compared to their original constituents of pure Ce. In particular, the electrostatic potential map of the patterned blends showed increasing in negative energies that indicate enhancement instability. Consequently, the capability of the nano-blend improved the order to absorption of heavy-metal pollutants in wastewater.

ACKNOWLEDGMENT(S)

The authors express their gratitude and respect to "King Abdulaziz City for Science and Technology - KACST" for the significant financial funding to conduct this project No., (35 – 156).

REFERENCES

Aliabadi, M., Irani, M., Ismaeili, J., and Najafzadeh, S., 2014. Design and evaluation of chitosan/hydroxyapatite composite nanofiber membrane for the removal of heavy metal ions from aqueous solution. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45: 518–526. doi.org/10.1016/j. jtice.2013.04.016

Blantocas, G.Q., Alaboodi, A.S., and, Mekky, A.H. 2017. Synthesis of chitosan – TiO_2 antimicrobial composites via a 2-step process of electrospinning and plasma sputtering. Arabian Journal for Science and Engineering. doi.org/10.1007/s13369-017-2695-8

Chaban, V. V, 2016. Isomerism in Quantum Dots : Geometries, Band Gaps, Dipole Moments, Ionization. Jacobs Journal of Inorganic Chemistry 1(1): 1-6.

Moran, D., Stahl, F., Bettinger, H., Schaefer, H., and, Schleyer, P. 2003. Towards graphite: Magnetic properties of large polybenzenoid hydrocarbons. J. Am. Chem. Soc. 125(22): 6746-6752.

Diener, M.D., and Alford, J.M. 1998. Isolation and properties of small-bandgap fullerenes. Nature. 393: 668–671. doi.org/10.1038/31435

Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., Robb, M.A., Cheeseman, J.R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G.A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X., Hratchian, H.P., Izmaylov, A.F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J.L., and Fox., M.H. 1990. Gaussian 90. Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA.

Gebru, K.A., and Das, C. 2017. Removal of Pb (II) and Cu (II) ions from wastewater using composite electrospun cellulose acetate/ titanium oxide (TiO_2) adsorbent. Journal of Water Process Engineering. 16: 1–13. https:// doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.11.008

Gurtowski, L.A., Griggs, C.S., Gude, V.G., and Shukla, M.K. 2017. An integrated theoretical and experimental investigation of insensitive munition compounds adsorption on cellulose, cellulose triacetate, chitin and chitosan surfaces. Journal of Environmental Sciences. 64: 174-180. https://doi.org/10.1016/j. jes.2017.06.012

Hajeeth, T., Sudha, P.N., Vijayalakshmi, K., and Gomathi, T. 2014. Sorption studies on Cr (VI) removal from aqueous solution using cellulose grafted with acrylonitrile monomer. International Journal of Biological Macromolecules. 66: 295–301. https://doi. org/10.1016/j. ijbiomac.2014.02.027

Li, G., Nandgaonkar, A.G., Wang, Q., Zhang, J., Krause, W.E., Wei, Q., and Lucia, L.A. 2017. Laccase-immobilized bacterial cellulose/ TiO_2 functionalized composite membranes: Evaluation for photo- and bio-catalytic dye degradation. Journal of Membrane Science. 525: 89–98. https://doi.org/10.1016/j. memsci.2016.10.033

Neagu, V. 2009. Removal of Cr(VI) onto functionalized pyridine copolymer with amide groups. Journal of Hazardous Materials. 171: 410–416. https://doi.org/10.1016/j. jhazmat.2009.06.016

different blends increase the dipole moment. The increasing of the total dipole moment enhances the construction and reactivity of a compound with the surrounding elements. This moment rise may improve the ability of blend's adsorption for hard metals and natural pollutants originate in wastewater. So, an immediate relationship between the total dipole moment and adsorption rates can be observed. It was found that the higher adsorbing could be due to the increase of the total dipole moment of the composite.

Table 3. Calculated total dipole moment for the studied cellulose, cellulose/chitosan and their blend with TiO_2.

Molecule	X	Y	Z	Total dipole moment (Debye)
Cellulose	9.3119	-3.6283	0.1257	9.6502
Cellulose/chitosan	13.2353	-1.4789	-2.1782	13.4946
Cellulose/TiO_2	-58.6148	-10.7593	-1.6054	59.6157
Cellulose-chitosan/TiO_2	53.1679	7.0784	1.6340	53.6619

Electrostatic Potential (ESP) Maps

Electrostatic Potential (ESP) maps is also known as "Electrostatic Potential Energy Maps", or "Molecular Electrical Potential Surfaces". The electrostatic potential maps support the visualize charge distribution, and other charge associated properties of molecules. Knowledge of the charge distributions can be used to determine how molecules interact with one another. To make the electrostatic potential energy data easy to interpret, a color spectrum, with red as the lowest electrostatic potential energy value and blue as the highest, is employed to convey the varying intensities of the electrostatic potential energy values. The molecular electrostatic potential (map) ESP for cellulose and cellulose/chitosan molecules are shown in Figures 4a and 5a respectively, whereas, Figures 4b and 5b show the ESP of each molecule with TiO_2 additive. The figures show that negative ESP increases when every one of the molecules is blended with TiO_2, especially with the polarity of the fragments. The TiO_2-blended mixtures is an extra reactive, easily built with enhanced stability as compared to pure cellulose.

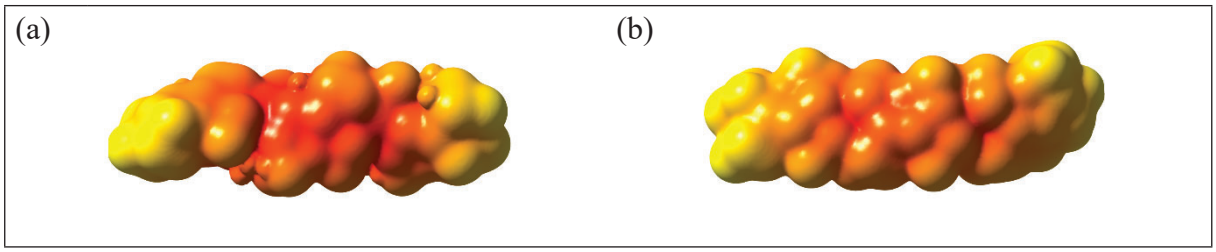


Figure 4. ESP of cellulose and Physical interaction of TiO_2 with cellulose, respectively.

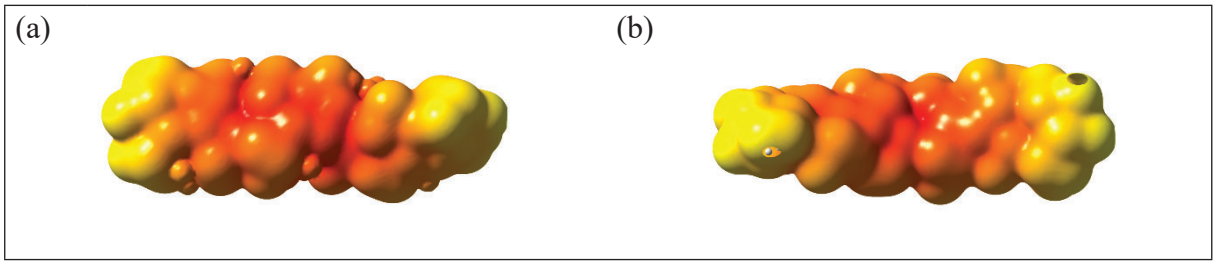


Figure 5. ESP of cellulose/chitosan blend and Physical interaction of TiO2 with cellulose/chitosan blend, respectively.

Ionization Potential

Ionization potential is a measure of the total energy required to take away an electron from a natural compound in its ground state to create ions in exciting conditions. If a compound has low ionization potential, then it requires low energy to form excited states and consequently, it is mostly considered by means of particular reactive. The ionization potential of the bio-polymers decreases as it turns to multi-faceted, especially when TiO_2 is added. Low ionization energy, particularly for the chitosan/cellulose/ TiO_2 nanocomposite displays that these blends are possibly very effective pollutant adsorbents as illustrated in Table 1.

Table 1. Calculated total ionization potential for the studied cellulose, cellulose/chitosan molecules and their blend with TiO_2

Molecule	Ionization Potential (eV)
Cellulose	10.1279
Cellulose-chitosan	9.75617
Cellulose/TiO_2	9.70352
Cellulose/chitosan/TiO_2	8.804

Band Gap Energy

The narrow HOMO/LUMO energy gap implies slight kinetic balance, because it is energetically favorable to include electrons to LUMO and take electrons from HOMO (Diener and Alford, 1998; Moran *et al*., 2003; Yang *et al*., 2013). Along with the frontier orbital theory, very stable and slow reactive compounds have a big HOMO/LUMO gap, while unstable and active mixture has an insignificant HOMO/LUMO gap. Likely the most exciting feature is that the blending of both cellulose/chitosan alone and/or with nano-metal oxides (TiO_2) increases its reactivity. For illustration, from Figure 3 and Table 2, it can be determined that the cellulose/chitosan/ TiO_2 blend gets a narrower energy band gap that offers improved responsiveness for the blend. Therefore, the capability of the cellulose/chitosan/ TiO_2 blend should have been improved in order to absorb heavy-metal pollutants in wastewater.

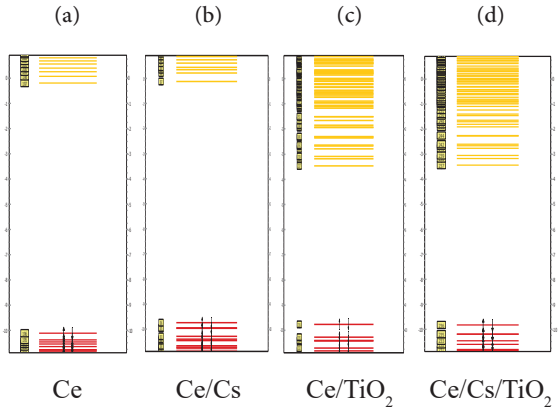


Figure 3. Energy levels for (a) cellulose (b) cellulose/chitosan (c) cellulose/TiO_2 (d) cellulose/chitosan/TiO_2.

Table 2. Calculated frontier orbits and energy gaps for cellulose, cellulose/chitosan, cellulose/TiO_2, and cellulose/chitosan/TiO_2 blend.

Molecule	HOMO (ev)	LUMO (ev)	EG (ev)
Cellulose	-10.127885404	-0.200821608	9.927063796
Cellulose/chitosan	-9.756174948	-0.126261824	9.629913124
Cellulose/TiO_2	-9.76352208	-3.468662652	6.294859428
Cellulose/chitosan/TiO_2	-9.834000124	-3.444172212	6.389827912

Total Dipole Moment

The total dipole moment of cellulose and the individual TiO_2 blended compound were estimated and illustrated in Table 3. The total dipole moment of cellulose/chitosan blend is greater than that of the dipole moment of cellulose alone which is 13.4946 Debye. By doping TiO_2 into the composite, the total dipole moment increased substantially to 53.6619 Debye. Doping TiO_2 into the

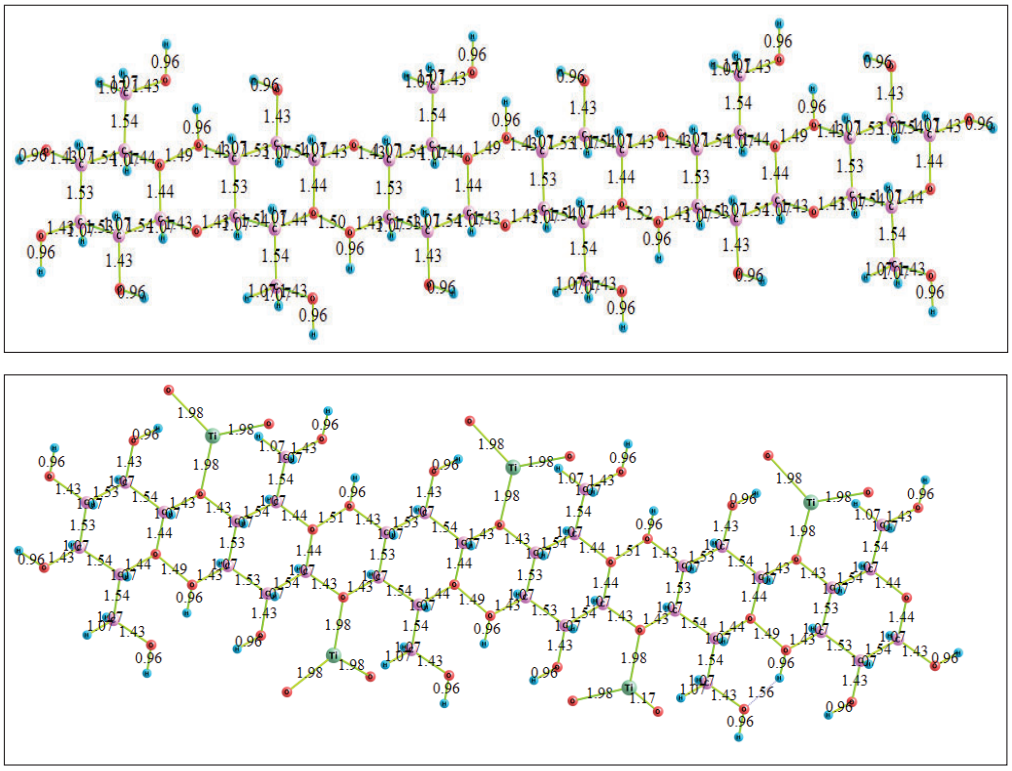


Figure 1. Optimized structure (bond lengths) of ball and stick model of (a) cellulose, (b) Physical interaction of TiO_2 with cellulose.

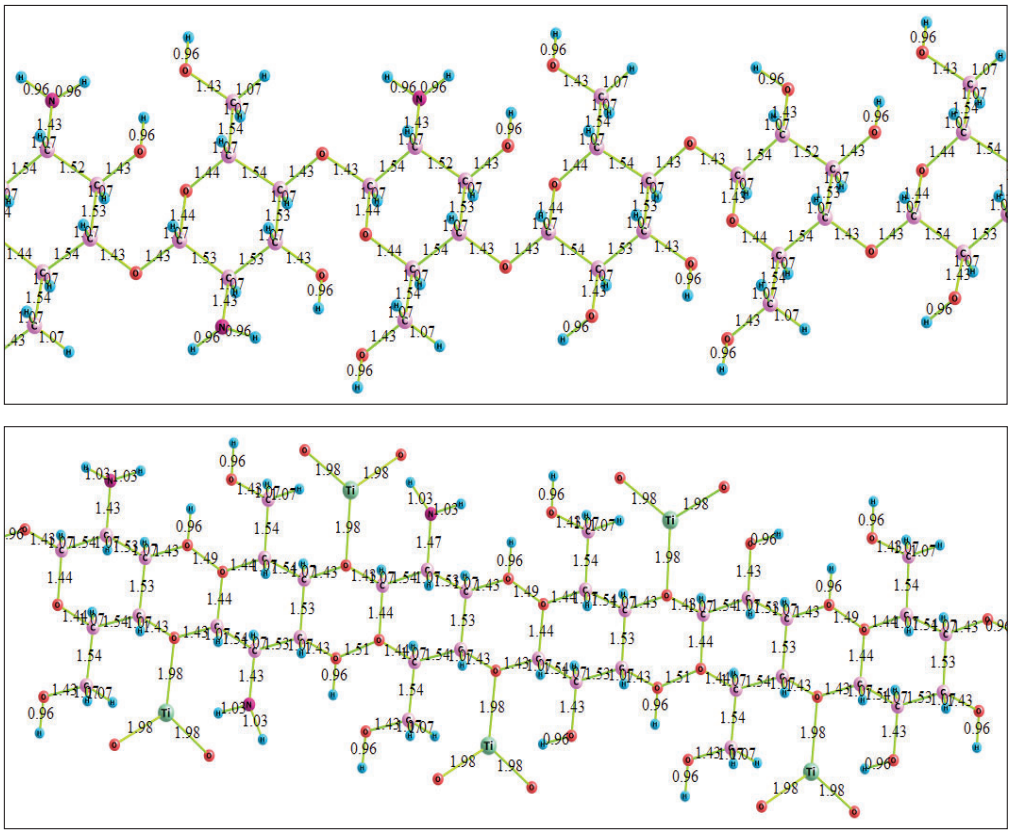


Figure 2. Optimized structure (bond lengths) of ball and stick model of (a) cellulose/chitosan, (b) Physical interaction of TiO_2 with cellulose/chitosan.

from aqueous solution was investigated. The prepared nanofiber membranes were characterized by FTIR, SEM and BET analysis. A response surface methodology based on Box-Behnken Design (BBD). This was based on the results of interaction energies that energetic substances form steady complexes of cellulose and chitosan. These complexes became stable by making hydrogen bonding with adsorbates and adsorbents. Cellulose exhibit poor ability to eliminate the FOX-7, TNT, DNAN, and NQ munition composites from normal water solution (Gurtowski *et al*., 2017). Blantocas *et al*. (2017) proposed a molecular program package for this task with the objective to perpare theoretical modeling on the basis of the interaction of chitosan/TiO_2. A competent element adsorbent from quaternary ammonium cellulose was effectively established by the quick elimination of Cr from aquatic solution (Neagu, 2009; Taha *et al*., 2012; Zhou *et al*., 2011; Hajeeth *et al*., 2014). The effect of HOMO-LUMO energy gaps and some electronic properties on the immobilization and heavy metal absorption process was examined (Chaban, 2016; Shtepliuk and Yakimova, 2018).

The purpose of this study is to create organic materials using quantum mechanical estimations and to investigate their essential structures. Some polymer resources, as chitosan and cellulose are extremely significant in biological, chemical substances and environmental purposes. This specific class of composites, particularly when blended with nano-particles could assist as a significant and clean tool in the removing of pollutants from the environment. Various aspects of these compounds were studied earlier, however, the present work, molecular modeling is employed in order to use some naturally revised blends to eliminate heavy elements from the environment. TiO_2 will be used as water management mediators to be admitted in the chitosan/cellulose blend.

MATERIALS AND METHODS

Semi-empirical method PM6 has been used by applying Gaussian09W and GaussView 5.0 as the central tool for simulation, modeling, and execution (Frisch *et al*., 1990). The model of cellulose compound has been made from six units of "*b*-D Glucose1-4 linkage", whereas a possible model of the nanocomposite blends (Cs/Ce, Ce/ TiO_2 and Cs/Ce/ TiO_2) has been applied. The characterization of molecular modeling, the geometrical structure of the blend, band gap energy, and ionization potential of the samples were assessed since these factors have important roles in wastewater treatment.

RESULT AND DISCUSSION

Optimized Geometry

The structural factors of cellulose and cellulose/chitosan substances have been computed. It was found that there are no enhancements made on the construction of the polymers after the blending process as shown in Figures 1 and 2.

The blending of chitosan and cellulose improves the capability of heavy metal adsorbent. This is probably due to the reorientation of its crystal structures and eventually intensifications the composite's reactivity. Simulation indicates that the reorientation has no influence on the blends' molecular construction and increasing the appreciation of the chains of polymer to draw metal oxides such as TiO_2 via the (C-O-C) glycosidic bond. There were no changes in the molecular fabric of both parent matters chitosan and cellulose despite the fact that they are combining with TiO_2.

Electronic Properties of Cellulose Through Molecular Modeling Technique for Wastewater Treatment

Abdel-baset H. Mekky[(1)(2)], Abdulaziz. S. Alaboodi[(3)]

(1) Physics Department, College of Science and Arts El-Mozneb, Qassim University, El-Mozneb, Kingdom of Saudi Arabia
(2) High Institute of Engineering and Technology, Buhaira, Egypt
(3) Mechanical Engineering department, College of Engineering, Qassim University

Received 14 January 2019 - Accepted 30 January 2020

https://doi.org/10.37575/b/sci/2046

ABSTRACT

Improvement of cellulose electronic properties is one of the promising strategies used in wastewater treatment. The aim of this work is to study the properties of cellulose (Ce) enhanced by combining with chitosan (Cs) and TiO_2 nano-particles, as molecular modeling using certain naturally revised blends can help in eliminating heavy elements from the waste-water environment. TiO_2, as water management mediators, was admitted in the chitosan/ cellulose blend. The nano-component cellulose/ TiO_2 and cellulose/chitosan/TiO_2 (Ce/TiO_2 and Ce/Cs/TiO_2) was utilized to detect the optimized geometrical structures and some electronic properties of the samples.

The consequences of polymer nano-composites (PNCs) showed an expansion of the contact between the contiguous atoms when adjusting the optimized geometry, higher dipole moment, and lower ionization potential and slight HOMO-LUMO energy gaps compared to their original constituents of pure Ce. Thus, the ability of the nano-composites mix improved its ability to remove heavy-metal pollutants from wastewater.

Key Words: Cellulose/chitosan blend, Electronic Properties, Gaussian09, Nano-metal Oxide TiO_2.

INTRODUCTION

Water purification is the technique of eliminating undesirable biological contaminants, chemicals, suspended solids and some gases from water. The purification of wastewater is an ecological challenge. Using efficient of anti-bacterial systems can improve the standard of living, reduce environmental degradations, and encourage a healthier hygienic lifestyle. cellulose/ chitosan and polymeric materials are the major contenders of these anti-bacterial systems. Bio-degradable and alternative properties of both cellulose and chitosan encourage their use compared to polymeric materials (Blantocas *et al*., 2017). This kind of material is considered a potential source of low price, eco-friendly, cellulose-based adsorbents. Polymers such as cellulose (Ce) can easily be incorporated with nano-metal oxides. The chitosan/ TiO_2 compound nano-fibrous adsorbents is fabricated by two methods, namely TiO_2 coated chitosan nanofibers and entrapped method (Razzaz *et al*., 2016; Li *et al*., 2017) through site-directed surface oxidation chemistry, the hydroxyl groups of BC were successfully oxidized into aldehyde groups that served as anchors for covalent immobilization of laccase (Lac. Electrospun cellulose acetate/ TiO_2 adsorbents were set by the electrospinning method. The adsorbents were examined with the Brunauer-Emmett-Teller area examines, FTIR spectroscopy, field release FESEM, and X-ray spectroscopy characterization techniques. The influences of several adsorption factors like, pH, the quantity of TiO_2, interaction time, the kinetics of metallic element uptake, and temperature were determined through a set of adsorbent experimentations (Gebru and Das, 2017) Fourier transform infrared (FTIR. chitosan, due to the occurrence of hydroxyl and amine clusters, can be traditionally used for the excretion of heavy components from water (Aliabadi *et al*., 2014) cobalt and nickel ions

دراسات نظرية الكثافة الوظيفية لفئة جديدة من النوكليوزيد أحادية الرأس مشتقة من حمض د - جلوكارك

صارة عمارة و نور الدين تشوار و عادل علي عثمان

قسم الكيمياء الفيزيائية، كلية الكيمياء، جامعة العلوم والتكنولوجيا محمد بوضياف، وهران، الجزائر

استلام 03 ديسمبر 2018م - قبول 10 مارس 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2027

ملخص

يمكن تصنيف مضاهئ النوكليوزيد بشكل ملائم كجزيئات حلقية أو غير حلقية. الهدف من هذه الدراسة هو توقع الخصائص الهيكلية والإلكترونية لمضاهئ نوكليوزيد جديدة غير حلقية من نوع «أحادية الرَّأس بارتباط كربوني» مشتقَّة من حمض د -جلوكارك وقادرة على أن تكون متوازنة مع أشكالها الحلقية المقابلة من خلال آلية تكوين اللاكتونات.

المركَّبات الحلقية غير المتجانسة المختارة لهذه الدراسة هي 1،3،4 - أكسادیازول -2- ثيون و 1، 2، 4- تريازول -3- ثيول و 4- أمينو-1، 2، 4- تريازول -3- ثيول. باستخدام نظرية الكثافة الوظيفية تمت مقارنة النيوكليوسيدات المرشحة مع حمض د -جلوكارك ولاكتوناته أحادية الحلقة التي تستخدم كمراجع.

أشارت النتائج إلى أن دمج المركبات الحلقية غير المتجانسة يزيد بشكل كبير من تفاعلية النيوكليوسيدات الجديدة. بشأن المركبات الحلقية، لوحظ أنَّ الجزيئات التي تحمل الحلقة 6-3 لاكتون أكثر نشاطية بالمقارنة مع تلك التي تحمل الحلقة 1-4 لاكتون. أما بشأن الأشكال غير الحلقيَّة، فإن استبدال مجموعة حمض الكربوكسيل الوظيفية بالمركبات الحلقية غير المتجانسة في موضع الكربون رقم 6 يعطي استقرارًا أكبر للجزيئات مقارنة مع الاستبدال نفسه في موضع الكربون رقم 1. تحفز النتائج النظرية تحضير هذه الفئة الجديدة من مضاهئ نوكليوزيد، ويتبقى معرفة ظروف التشييد الكيميائي.

الكلمات المفتاحية: حمض د-جلوكارك ، د-جلوكارو-4،1-لاكتون، د-جلوكارو -6 ، 3- لاكتون، ، نظرية الكثافة الوظيفية.

Qu, Y.N., Yan, H.J., Guo, Q., Li, J.L., Ruan, Y.C., Yue, X.Z., Zheng, W.X., Tan, T.W., and Fan, L.H. 2018. Biosynthesis of D-glucaric acid from sucrose with routed carbon distribution in metabolically engineered Escherichia coli. Metab Eng. 47: 393-400.

Romeo, G., Chiacchio, U., Corsaro, A., and Merino, P. 2010. Chemical Synthesis of Heterocyclic−Sugar Nucleoside Analogues. Chem. Rev. 110: 3337-3370.

Simons, C. 2000. Nucleoside Mimetics: Their Chemistry and Biological Properties. CRC Press, Boca Raton, 200 pages.

Smith, T. N., Hash, K., Davey, C.-L., Mills, H., Williams, H., and Kiely, D. E. 2012. Modifications in the nitric acid oxidation of D-glucose. Carbohydrate Research. 350: 6–13.

Sohst, O., and Tollens, B. 1888. Überkrystallisirtezuckersäure (Zuckerlactonsäure). Justus Liebigs Ann. Chem. 245: 1-27.

Solmi, S., Morreale, C., Ospitali, F., Agnoli, S., and Cavani, F. 2017. Oxidation of D-glucose to glucaric acid using Au/C catalysts. Chem Cat Chem. 9: 2797-2806.

Styron, S. D., French, A.D., Friedrich, J. D., Lake, C. H., and Kiely, D. E. 2011. MM3(96) conformational analysis of D-glucaramide and X-ray crystal structures of three D-glucaric acid derivatives—models for synthetic poly(alkylene D-glucaramides). Journal of Carbohydrate Chemistry. 21: 27-51.

Todeschini, R., and Consonni, V. 2009. Molecular Descriptors for Chemoinformatics. Vol. 1. Alphabetical Listing; Vol. 2. Appendices, References. Wiley-VCH, Weinheim.

Ulrich, G. H., Arthur, K., Erich, M., and Ernst, L. 1966. Continuous oxidation of D-glucose with HNO_3 in the presence of a reaction product of the same to produce saccharic acid. U.S. Patent 3242207.

Walaszek, Z., Szemraj, J., Hanausek, M., Adams, A. K., and Sherman, U. 1996. D-glucaric acid content of various fruits and vegetables and cholesterol-lowering effects of dietary D-glucarate in the rat. Nutr. Res. 16: 673–681.

Watson, J.D., and Crick, F.H.C. 1954. The complementary structure of deoxyribonucleic acid. Proc. Roy. Soc. 80 (A): 223.

Wu, J., Yin, F., and Zhou, X. 2018. Efficacy of nucleoside analogues for hepatitis B virus-related liver failure: A network meta-analysis. Acta Pharm. 68: 19–30.

Yuan, W., Ding, R.-H., Ge, H., Zhu, P.-L., Ma, S.-S., Zhang, B., and Song, X.-M. 2017. Solid-phase extraction of D-glucaric acid from aqueous solution. Separation and Purification Technology. 175: 352-357.

Zółtaszek, R., Hanausek, M., Kiliańska, Z. M., and Walaszek, Z. 2008. The biological role of D-glucaric acid and its derivatives: Potential use in medicine. Postepy Hig Med Dosw. 62: 451-462.

Dennington, R. D., Keith, T. A., and Millam, J. M. 2008.GaussView, Version 5.0.8, Semichem Inc., Wallingford, CT, USA.

Denton, T. T., Hardcastle, K. I., Dowd, M. K., and Kiely, D. E. 2011. Characterization of D-glucaric acid using NMR, X-ray crystal structure, and MM3 molecular modeling analyses. Carbohydrate Research. 346: 2551–2557.

Donen, S., Hash, K., Smith, T., and Jensen, K. 2015. Nitric acid oxidation processes. US patent 9187398 B2.

El Ashry, E. S. H. 2007. Heterocycles from Carbohydrate Precursors. Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, 354 pages.

Frisch, M. J., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., Scuseria, G. E., Robb, M. A., Cheeseman, J. R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G. A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X.,Hratchian, H. P., Izmaylov, A. F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J. L., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., Montgomery, Jr., J. A., Peralta, J. E., Ogliaro, F., Bearpark, M., Heyd, J. J., Brothers, E., Kudin, K. N., Staroverov, V. N., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A., Burant, J. C., Iyengar, S. S., Tomasi, J., Cossi, M., Rega, N., Millam, J. M., Klene, M., Knox, J. E., Cross, J. B., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R. E., Yazyev, O., Austin, A. J., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J. W., Martin, R. L., Morokuma, K., Zakrzewski, V. G., Voth, G. A., Salvador, P., Dannenberg, J. J., Dapprich, S., Daniels, A. D., Farkas, O., Foresman, J. B., Ortiz, J. V., Cioslowski, J., and Fox, D. J. 2009. Gaussian 09, Revision A.02. Gaussian, Inc., Wallingford CT, USA.

Gress, M. E., and Jeffrey, G. A. 1976. The crystal structure of D-glucaro-1,4-lactone monohydrate. Carbohydrate Research. 50: 159-168.

Grigoreva, I. A., Chernaya, S. S., and Trusov, S. R. 2001. Oxidation of D-glucose to D-gluconic and D-glucaric acids catalyzed by sodium nitrite. Russian Journal of Applied Chemistry (Translated from ZhurnalPrikladnoiKhimii. 74(12): 2021-2026.

Hirasaka, Y., and Umemoto, K. 1965. Structure of D-glucosaccharodilactone. Chem. Pharm. Bull. 13: 325-329.

Hirasaka, Y., Umemoto, K., Sukegawa, M., and Matsunaga, I. 1965.On equilibrium among D-glucosaccharic acid and its lactones in aqueous solution. Chem. Pharm. Bull. 13: 677-680.

Horton, D., and Walaszek, Z. 1982. Conformations of the D-glucarolactones and D-glucaric acid in solution. Carbohydrate Research. 105: 95-109.

Ibert, M., Fuertès, P., Merbouh, N., Fiol-Petit, C., Feasson, C., and Marsais, F. 2010.Improved preparative electrochemical oxidation of D-glucose to D-glucaric acid. Electrochimica Acta. 55: 3589-3594.

Kiely, D. E., and Hash, K. R. 2015.Method of oxidation using nitric acid. US patent 9162959 B2.

Kiely, D. E., and Ponder, G. 2000. Nitric acid removal from oxidation products. U.S. Patent 6049004.

Kisakürek, M. V. 2000. Perspectives in Nucleoside and Nucleic Acid Chemistry. John Wiley, USA, 420 pages.

Lee, C., Yang, W., and Parr, R. G. 1988. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. Phys. Rev. B. 37: 785–792.

Mehltretter, C. L., Rist, C. E., and Alexander, B. H. 1949. Process for the preparation of D-glucosaccharic acid. U.S. Patent 2472168.

Miertus, S., Scrocco, E., and Tomasi, J. 1981. Electrostatic interaction of a solute with a continuum. A direct utilization of ab initio molecular potentials for the prevision of solvent effects. Chem. Phys. 55: 117–129.

Moon, T. S., Dueber, J. E., Shiue, E., and Prather, K. L. J. 2010. Use of modular, synthetic scaffolds for improved production of glucaric acid in engineered E. coli. Metab Eng. 12: 298-305.

Othman, A. A., Kihel, M., and Amara, S. 2014. 1,3,4-Oxadiazole, 1,3,4-thiadiazole and 1,2,4-triazole derivatives as potential antibacterial agents. Arabian Journal of Chemistry. http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.09.003.

compared to the reference acids. Finally, the substitution of the carboxylic acid function, by one of the selected heterocycles (5-7) on the C6 carbon, compared to the substitution on C1, increases the stability for the acyclic forms and decreases it for the cyclic forms.
Also, it is important to emphasize that the nucleoside analogues carrying the heterocycle 1,3,4-oxadiazoles-2-thione (5) have the highest reactivity among all.

Conclusion

Twelve new single-headed cyclic and acyclic C-nucleosides derived from the D-glucaric acid have been simulated in gas phase and implicitly in water. The obtained results indicate the high stability and reactivity of the molecules carrying the 6,3-lactone ring compared to with the molecules carrying the 1,4-lactone ring. This is the crucial point that differs with the molecules taken as references where, the mono-hydrated D-glucaro-6,3-lactone (10) was certainly more stable, but the least reactive of the two monolactone systems.
The heterocylic rings either on C1 or C6, significantly increase the reactivity of all molecules (cyclic or acyclic) compared to the reference systems (8-10).
Also, the higher reactivity of cyclic forms compared to their corresponding acyclic forms is observed.
It would be very interesting to synthesize these molecules and to test them by comparing their biological activity with that of the D-glucaric acid and its mono-lactones. This equilibrium between two forms could eventually be biologically interesting.
It remains to establish the experimental conditions that would allow the formation of the heterocycle at only one end of the diacid, leaving thus possible the formation of an equilibrium between cyclic and acyclic forms in aqueous medium. It should be noted that the products of this synthesis would be either acyclic molecules in the form of salts, or the mono-lactone cyclic forms, the carboxylic acid function not being isolatable as such.

REFERENCES

Amara, S., and Othman, A.A. 2016. A convenient new synthesis, characterization and antibacterial activity of double headed acyclo-C-nucleosides from unprotected D-glucose. Arabian Journal of Chemistry. 9: S1840–S1846.

Amara, S., Tchouar, N., and Belaidi, S. 2015. Computational Study of Some Double Headed Acyclo-C-Nucleosides. International Letters of Chemistry, Physics, and Astronomy. 61: 1-11.

Armstrong, R. D., Kariuki, B. M., Knight, D. W., and Hutchings, G. J. 2017. How to synthesise high purity, crystalline D-glucaric acid selectively. Eur. J. Org. Chem. 45: 6811–6814.

Becke, A. D. 1993. Perspective on Density functional thermochemistry III. The role of exact exchange. J. Chem. Phys. 98: 5648–5652.

Brown, J. M., Manley-Harris, M., Field, R., and Kiely, D. E. J. 2007. An NMR Study of the Equilibration of d-Glucaric Acid with Lactone Forms in Aqueous Acid Solutions. Carbohydr. Chem. 26: 455–467.

Cammi, R., and Tomasi, J. 1995. Remarks on the use of the apparent surface charges (ASC) methods in solvation problems: Iterative versus matrix-inversion procedures and the renormalization of the apparent charges. J. Comput. Chem. 16: 1449–1458.

Chhikara, B.S., Rao, M. S., Rao, V. K., Kumar, A., Buckheit, K. W., Buckheit, R.W. and Parang, K. 2014. Carbocyclodipeptides as modified nucleosides: Synthesis and anti-HIV activities. Canadian Journal of Chemistry. 92: 1145-1149.

Chu, C. K. 2002. Recent Advances in Nucleosides: Chemistry and Chemotherapy. Elsevier, USA, 544 pages.

Cui, S.W. 2005. Food carbohydrates: Chemistry, physical properties and applications. CRC Press, Boca Raton, 432 pages.

Davey, C., Kiely, D.E., and Manley-Harris, M. 2006. Esterification of select polyols with Dglucaric acid as model reactions for esterification of starch. Carbohydr. Res. 341: 2688–2693.

Table 5, cont

Dihedral angles (°)	Candidate nucleoside analogues							
	Gas phase				Implicit aqueous medium			
	15	16	17	18	15	16	17	18
O11-C1-C2-C3	*	*	63.04	-168.51	*	*	64.29	-166.16
C1-C2-C3-C4	168.77	-76.1	169.16	-16.1	174.61	-56.79	173.05	-18.23
C2-C3-C4-C5	56.49	-150.6	58.68	-103.69	59.09	-147.24	67.46	-103.37
C3-C4-C5-C6	57.77	33.62	57.17	-81.91	56.58	30.32	60.47	-81.11
C4-C5-C6-O13	124.1	157.84	*	*	105.6	158.89	*	*
O9-C1-C2-C3	*	*	*	11.42	*	*	*	14.7
C4-C5-C6-O8	*	-24.04	*	*	*	-22.52	*	*
C3-C4-O9-C1	*	*	*	-9.58	*	*	*	-7.9
C4-C3-O8-C6	*	19.47	*	*	*	16.22	*	*
	19	20	21	22	19	20	21	22
O11-C1-C2-C3	*	*	50.83	-168.04	*	*	64.06	-165.68
C1-C2-C3-C4	174.09	-57.19	161.06	-17.2	175.54	-58.73	171.6	-19.2
C2-C3-C4-C5	58.55	-151.04	52.83	-102.05	62.63	-150.69	57.86	-101.78
C3-C4-C5-C6	54.27	31.26	49.55	-79.94	56.86	31.92	54.45	-80.19
C4-C5-C6-O13	104.3	159	*	*	106.7	158.17	*	*
O9-C1-C2-C3	*	*	*	11.84	*	*	*	15.06
C4-C5-C6-O8	*	-22.55	*	*	*	-22.99	*	*
C3-C4-O9-C1	*	*	*	-10.77	*	*	*	-8.97
C4-C3-O8-C6	*	17.94	*	*	*	18.31	*	*

*: Angle inexistent in the studied system.

This is obviously due to the presence of heterocycles that can cause steric hindrance, or electrostatic interactions favoring the modification of the spatial arrangement of atoms.

By comparing the three groups of candidate nucleosides with each other, and with the references, it is found that, all the heterocycles selected for this study offered greater molecular stability and lower reactivity for the acyclic forms when localized at the C6 carbon compared to their localization at the C1 carbon.

Comparing the reactivity of all acyclic forms (11, 13, 15, 17, 19 and 21) with that of the D-glucaric acid (8), it is observed that the presence of these heterocycles significantly increases the reactivity with oxa(1)-acyclic (11) being the most reactive as the E_{gap} value is changed in the gas phase from 0.25016 a.u. for D-glucaric acid (8) up to 0.18685 a.u., and in the implicit aqueous medium from 0.25356 a.u. for the reference diacid (8) up to 0.19856 a.u. smaller with value always for the Oxa(1)-acyclic (11).

Overall, for the cyclic forms, the results obtained reveal that, whatever the simulation medium, the systems bearing the 6,3-lactone ring are all more stable than those carrying the 1,4-lactone ring. However, and unlike the reference systems (9 and 10), a greater reactivity is observed in acid having the 6,3-lactone ring (10). Also, the incorporation of these heterocycles in the cyclic forms greatly increased their reactivity to the reference systems (9 and 10).

Furthermore, the cyclic forms in aqueous medium are found to be more reactive than their corresponding acyclic forms. This is in agreement with our reference systems.

Also, it is evident that the new nucleoside analogues, significantly increase reactivity

compared to the system (18) carrying the 1,4-lactone ring. Regarding the reactivity, the gap HOMO-LUMO presents a lower value in the system (16) compared to the system (18), making the first one more reactive. By comparing the cyclic and acyclic forms of this group, we notice that, unlike gas phase, the implicit solvation increases the reactivity of the cyclic systems (16 and 18) than their corresponding acyclic forms (15 and 17).

For this last group of nucleoside analogues with the heterocycle 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol, comprising the molecules (19-22),the molecule (21) ATri(6)-acyclic (21) has a greater stability compared with the ATri(1)-acyclic (19). Regarding the reactivity, it is higher for (21) compared to (19) in the gas phase, while the opposite is observed in the implicit aqueous medium. For the cyclic forms, the system (20) which corresponds to the cyclic form 6,3-lactone is more stable, whatever the medium, compared to its counterpart the system (22). Whereas, (20) has a greater reactivity with an E_{gap} lower than that for (22) in the gas phase and in implicit medium. The comparison between cyclic and acyclic forms indicates that, in each equilibrium, the implicit solvation increases the reactivity of the cyclic forms than the acyclic forms. While in the gas phase, this is true only for the equilibrium between molecules (19) and (20).

Analysis of the geometrical parameters for both of the twelve new nucleoside analogues and the reference systems (8-10) shows that changes occur especially in the values of the dihedral angles, some of which are given in the tables 4 and 5.

Table 4. Geometrical parameters of the molecules (8-10) calculated by DFT.

Dihedral angles (°)	Reference systems					
	Gas phase			Implicit aqueous medium		
	8	9	10	8	9	10
O11-C1-C2-C3	63.34	-161.55	-142.74	64.31	-162.44	-137.11
C1-C2-C3-C4	165.246	-28.15	-77.00	171.352	-25.98	-71.41
C2-C3-C4-C5	54.76	-89.03	-150.68	59.45	-92.32	-150.85
C3-C4-C5-C6	56.57	-69.71	33.73	55.93	-72.75	33.34
C4-C5-C6-O13	122.18	-49.36	157.66	105.73	131.69	157.57
O9-C1-C2-C3	*	17.82	*	*	17.27	*
C4-C5-C6-O8	*	*	-24.18	*	*	-23.58
C3-C4-O9-C1	*	-19.49	*	*	-16.86	*
C4-C3-O8-C6	*	*	19.42	*	*	19.80

Table 5. Geometrical parameters of the molecules (11-22) calculated by DFT.

Dihedral angles (°)	Candidate nucleoside analogues							
	Gas phase				Implicit aqueous medium			
	11	12	13	14	11	12	13	14
O11-C1-C2-C3	*	*	62.98	-162.66	*	*	64.07	-165.08
C1-C2-C3-C4	175.85	-66.86	164.88	-25.44	176.04	-65.69	171.21	-19.9
C2-C3-C4-C5	55.91	-147.21	55.43	-93.97	56.86	-147.94	62.05	-100.77
C3-C4-C5-C6	54.45	31.54	61.22	-83.83	57.44	31.96	57.41	-82.85
C4-C5-C6-O13	121.49	158.58	*	*	109.25	157.98	*	*
O9-C1-C2-C3	*	*	*	18.01	*	*	*	15.71
C4-C5-C6-O8	*	-23.46	*	*	*	-23.43	*	*
C3-C4-O9-C1	*	*	*	-14.58	*	*	*	-9.12
C4-C3-O8-C6	*	16.8	*	*	*	17.68	*	*

Table 3, cont

Molecules	E_T (u.a.)	*ZPE* (u.a.)	$H_{298\,K}$ (u.a.)	E_{LUMO} (u.a.)	E_{HOMO} (u.a.)	E_{gap} (u.a.)
Tri(1)-acyclic (15)						
Gas phase	-1287.1968	-1286.9907	-1286.9721	-0.04151	-0.23363	0.19212
Implicit medium	-1287.2177	-1287.0128	-1286.9936	-0.03034	-0.24599	0.21565
Tri(1)-cyclic-6,3 (16)						
Gas phase	-1287.2061	-1287.0013	-1286.9825	-0.04063	-0.24109	0.20046
Implicit medium	-1287.2292	-1287.0251	-1287.0063	-0.03702	-0.24892	0.21190
Tri(6)-acyclic (17)						
Gas phase	-1287.2002	-1286.9941	-1286.9755	-0.03475	-0.24329	0.20854
Implicit medium	-1287.2213	-1287.0162	-1286.9973	-0.02843	-0.24751	0.21908
Tri(6)-cyclic-1,4 (18)						
Gas phase	-1287.2047	-1286.9986	-1286.9804	-0.04378	-0.25994	0.21616
Implicit medium	-1287.2290	-1287.0240	-1287.0054	-0.03588	-0.25368	0.21780
ATri(1)-acyclic (19)						
Gas phase	-1342.5075	-1342.2850	-1342.2651	-0.04263	-0.24906	0.20643
Implicit medium	-1342.5357	-1342.3139	-1342.2938	-0.03264	-0.25137	0.21873
Atri(1)-cyclic-6,3 (20)						
Gas phase	-1342.5190	-1342.2972	-1342.2775	-0.04242	-0.24670	0.20428
Implicit medium	-1342.5463	-1342.3254	-1342.3053	-0.03701	-0.24954	0.21253
Atri(6)-acyclic (21)						
Gas phase	-1342.5089	-1342.2863	-1342.2665	-0.03478	-0.23937	0.20459
Implicit medium	-1342.5362	-1342.3147	-1342.2943	-0.02718	-0.24802	0.22084
Atri(6)-cyclic-1,4 (22)						
Gas phase	-1342.5190	-1342.2967	-1342.2770	-0.03620	-0.25833	0.22213
Implicit medium	-1342.5462	-1342.3248	-1342.3048	-0.03536	-0.25405	0.21869

The results of the first group of nucleoside analogues with the heterocycle 1,3,4-oxadiazole-2-thione, comprising the molecules (11-14), indicate that the molecule Oxa(6)-acyclic (13) is more stable than the Oxa(1)-acyclic (11) either in the gas phase or in the implicit aqueous medium. The gap HOMO-LUMO, indicates a greater reactivity of the molecule (11) compared to the (13) in the gas phase. Regarding the PCM medium, although the gap values become much closer than they were in the gas phase, the molecule (11) still has the lowest E_{gap} value. For the cyclic forms, whatever the medium, it is always the system carrying the 6,3-lactone ring (12) which presents a greater stability than that carrying the 1,4-lactone ring (14). However, the difference HOMO-LUMO in the system (12) is lower than in the (14), making the system incorporating the 6,3-lactone ring more reactive than its counterpart. It should be noted that, as for the acyclic forms of this group, the values of the gaps are getting closer while passing from the gas phase to the aqueous medium. In the comparison of each cyclic form with its corresponding acyclic form, we find that in the gas phase, the acyclic molecule (11) is more reactive than the (12), whereas the acyclic molecule (13) is less reactive than the (14). However, the implicit solvation gives greater reactivity to all cyclic forms compared to their corresponding acyclic forms.

Considering the second group of nucleoside analogues with the heterocycle 1,2,4-triazole-3-thiol, comprising the molecules (15-18), the acyclic form (17) presents a greater stability and a lower reactivity than its isomer the molecule (15). Concerning the cyclic forms, in the gas phase and the implicit aqueous medium, a greater stability is observed in the system (16) carrying the 6.3-lactone ring

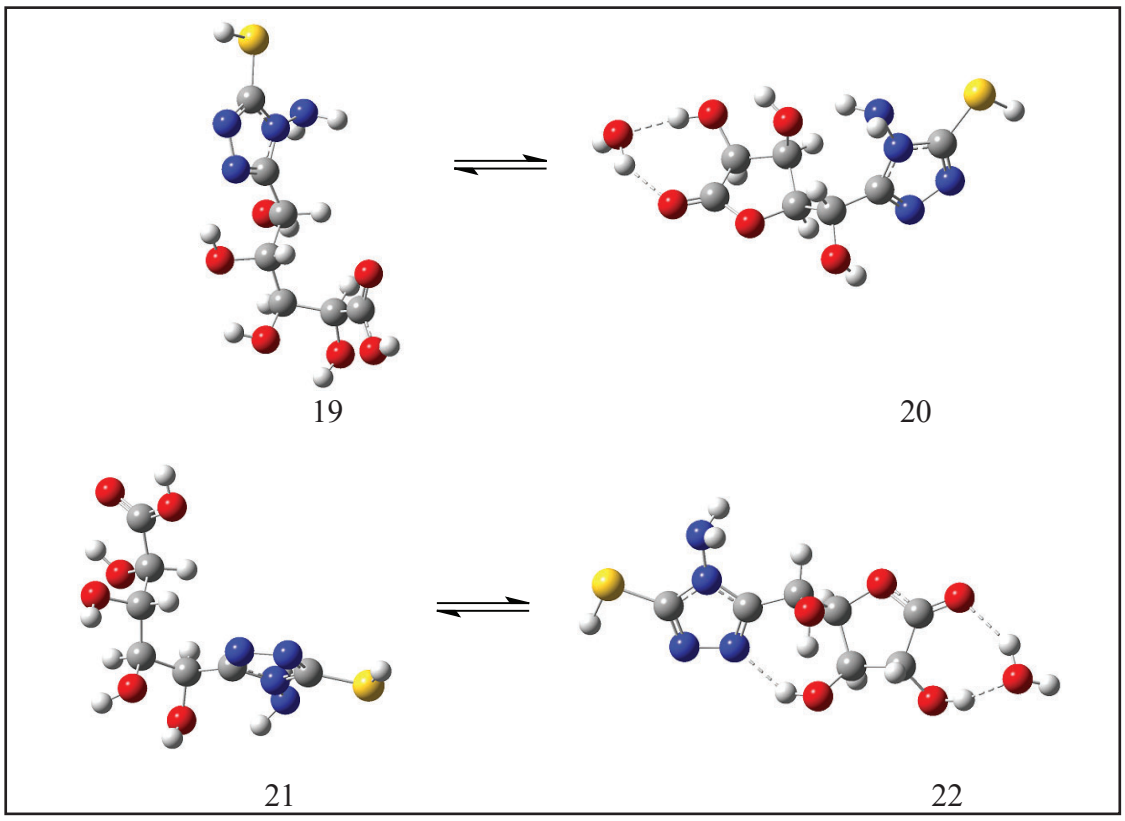


Fig 6. Structures of nucleoside analogues having 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol moiety in implicit aqueous medium by the DFT method.

Total energies (E_T), zero point energie.s (*ZPE*), enthalpies ($H_{298\ K}$), frontier orbital energies (E_{HOMO} and E_{LUMO}), as well as the HOMO-LUMO energy gaps (E_{gap}) of the different molecules (11-22) are given in table 3. Overall, it is possible to see the effect of the solvent, which increases the stability of all the systems (11-22) in the implicit aqueous medium.

However, for a better analysis, we discuss the results of the table 3 by groups of nucleoside analogues, each group characterized by the type of heterocycle that it carries.

Table 3. Total energies (E_T), zero point energies (*ZPE*), enthalpies ($H_{298\ K}$), HOMO energies (E_{HOMO}), LUMO energies (E_{LUMO}), HOMO-LUMO energy gaps (E_{gap}) in atomic units (a.u.) for the candidates analogues of nucleosides by DFT.

Molecules	E_T (u.a.)	*ZPE* (u.a.)	$H_{298\ K}$ (u.a.)	E_{LUMO} (u.a.)	E_{HOMO} (u.a.)	E_{gap} (u.a.)
Oxa(1)-acyclic (11)						
Gas phase	-1307.0519	-1306.8557	-1306.8375	-0.04481	-0.23166	0.18685
Implicit medium	-1307.0752	-1306.8798	-1306.8614	-0.05062	-0.24918	0.19856
Oxa(1)-cyclic-6,3 (12)						
Gas phase	-1307.0597	-1306.8648	-1306.8464	-0.05117	-0.24060	0.18943
Implicit medium	-1307.0843	-1306.8903	-1306.8716	-0.05276	-0.24950	0.19674
Oxa(6)-acyclic (13)						
Gas phase	-1307.0532	-1306.8573	-1306.8390	-0.05151	-0.24840	0.19689
Implicit medium	-1307.0772	-1306.8818	-1306.8633	-0.04787	-0.24726	0.19939
Oxa(6)-cyclic-1,4 (14)						
Gas phase	-1307.0562	-1306.8610	-1306.8427	-0.04722	-0.24397	0.19675
Implicit medium	-1307.0828	-1306.8876	-1306.8695	-0.05343	-0.25055	0.19712

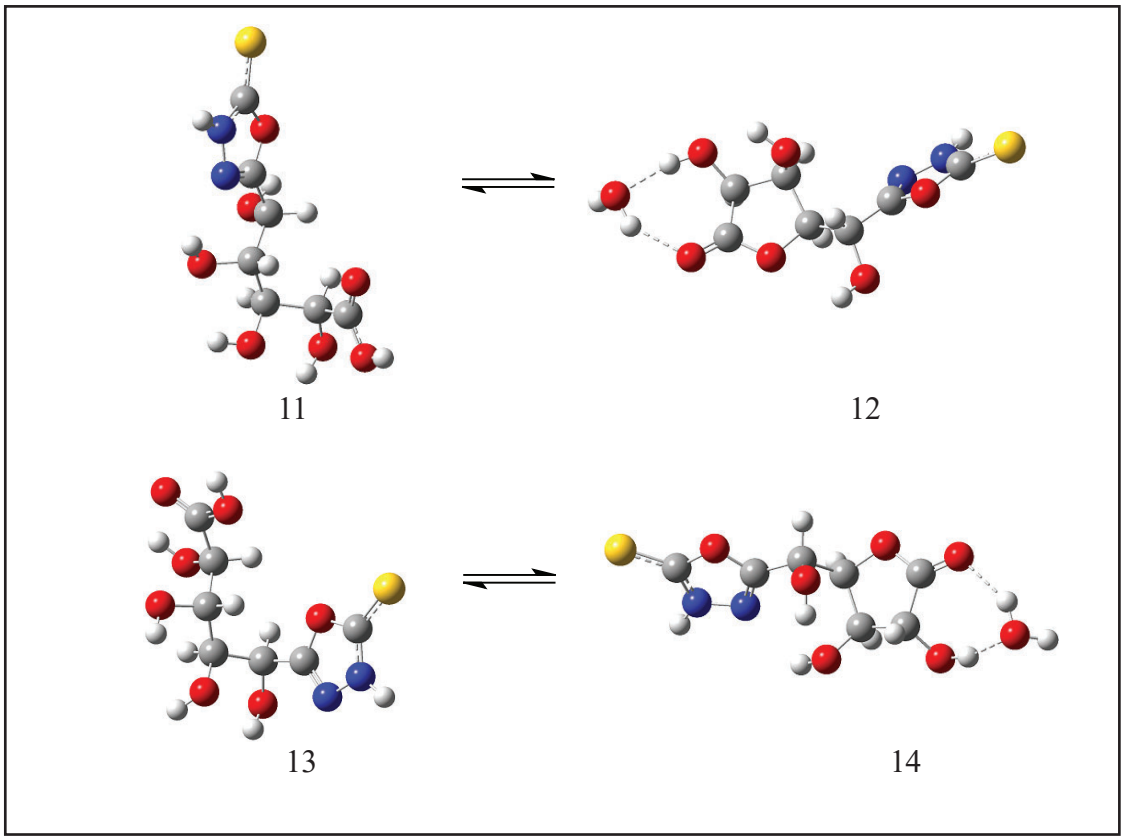


Fig 4. Structures of nucleoside analogues having 1,3,4-oxadiazole-2-thione in implicit aqueous medium by the DFT method.

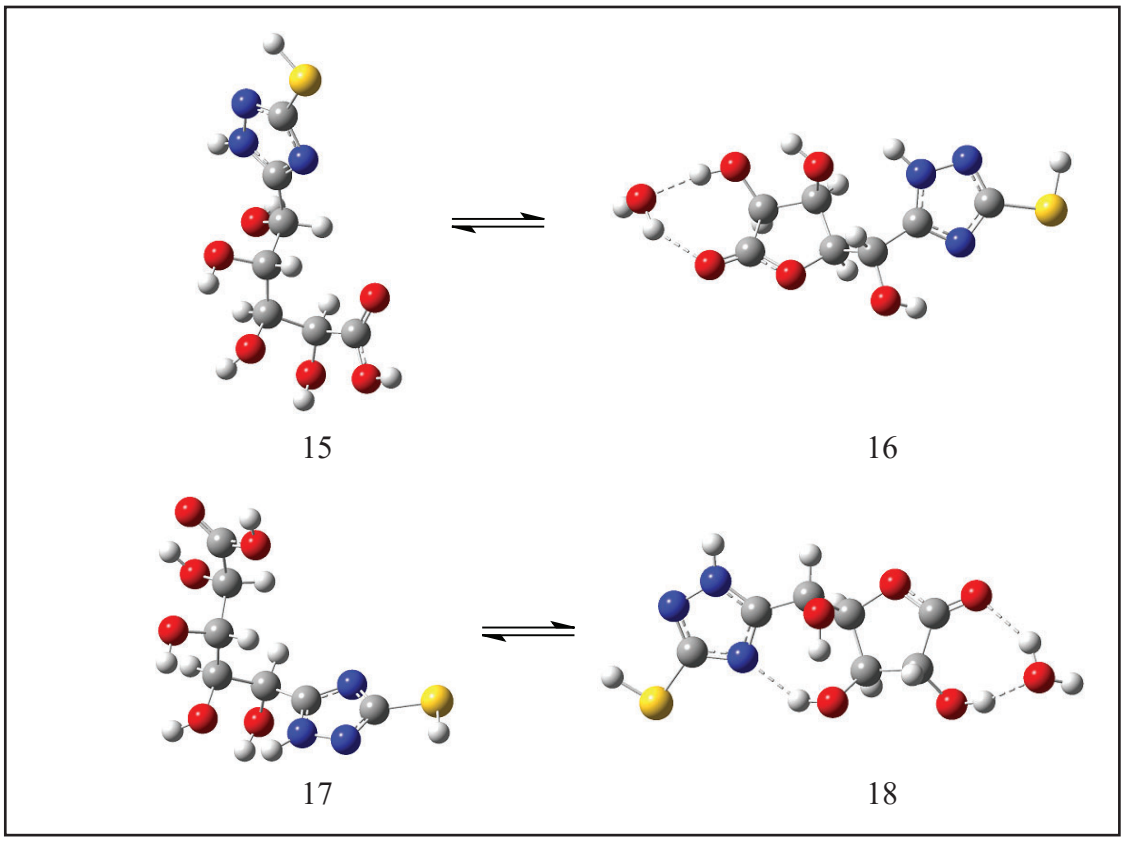


Fig 5. Structures of nucleoside analogues having 1,2,4-triazole-3-thiol moiety in implicit aqueous medium by the DFT method.

lactone (2), dissolved in aqueous solution under neutral conditions, was relatively stable with regard to equilibration (Brown *et al*., 2007).

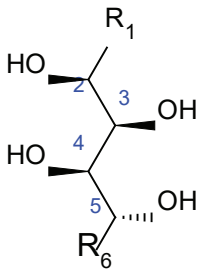
For the geometrical parameters of these different systems, it is possible to note that, in general, the values of the bonds and angles vary only slightly from the gas phase to the implicit aqueous medium. However, by comparing the dihedral angles of the D-glucaric acid (8) with the two systems (9 and 10), the important, and necessary structural deformations, which the diacid (8) must undergo to allow the formation of its mono-lactones, is noticed.

Structures and electronic properties of cyclic and acyclic forms of nucleoside analogues candidates

In the molecule of the D-glucaric acid (8), the substitution of the carboxylic acid group carried at the C1 carbon by the 1,3,4-oxadiazole-2-thione (5) gives nucleoside (11) coded as Oxa(1)-acyclic. The aliphatic moiety can lactonize via release a molecule of water to form the 6,3-lactone ring. The resulting new molecule (12) will be symbolized as Oxa(1)-cyclic-6,3 (Figure 4). If this same substitution is performed by the 1,2,4-triazole-3-thiol (6), the acyclic form (15) that is coded as Tri(1)-acyclic is produced, that will equilibrate with the molecule (16) coded as Tri(1)-cyclic-6,3 (Figure 5).

Similarly, if the substitution is made by the 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol (7), the acyclic form (19) coded ATri(1)-acyclic is obtained, and which equilibrate with the molecule (20) code as ATri (1)-cyclic-6,3 (Figure 6). By analogy, the substitution of the carboxylic acid group at the C6 carbon by one of the heterocycles (5, 6 or 7), allows obtaining the molecules: Oxa(6)-acyclic (13) in equilibrium with Oxa(6)-cyclic-1,4 (14) (Figure 4), Tri(6)-acyclic (17) in equilibrium with Tri(6)-cyclic-1,4 (18) (Figure 5) and ATri(6)-acyclic (21) in equilibrium with ATri(6)-cyclic-1,4 (22), respectively (Figure 6). Table 2 summarizes all these nomenclatures.

Table 2. Nomenclature of the studied nucleoside analogues.

Molecule	R_1	R_6	Code of the acyclic form	Code of the cyclic form
	1,3,4-oxadiazole-2-thione (5)	COOH	Oxa(1)-acyclic (11)	Oxa(1)-cyclic-6,3 (12)
	COOH	1,3,4-oxadiazole-2-thione (5)	Oxa(6)-acyclic (13)	Oxa(6)-cyclic-1,4 (14)
	1,2,4-triazole-3-thiol (6)	COOH	Tri(1)-acyclic (15)	Tri(1)-cyclic-6,3 (16)
	COOH	1,2,4-triazole-3-thiol (6)	Tri(6)-acyclic (17)	Tri(6)-cyclic-1,4 (18)
	4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol (7)	COOH	ATri(1)-acyclic (19)	ATri(1)-cyclic -6,3 (20)
	COOH	4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol (7)	ATri(6)-acyclic (21)	ATri(6)-cyclic-1,4 (22)

R_1 and R: Carboxylic acid or heterocycles carried respectively by carbons C1 and C6.

In the end, the twelve molecules (11-22) have been modeled and optimized by DFT in gas phase and in aqueous medium using the PCM model (Figures 4-6). Note that the three-dimensional representations of these nucleoside analogues are oriented so as to have the fragment of D-glucaric acid or its mono-lactone forms oriented in space exactly in the same way that the reference systems (8-10) in order to facilitate the recognition of the numbering given in the figure 3.

Table 1. Total energies (E_T), zero point energies (ZPE), enthalpies ($H_{298\,K}$), HOMO energies (E_{HOMO}), LUMO energies (E_{LUMO}), HOMO-LUMO energy gaps (E_{gap}) in atomic units (a.u.) for the systems (8-10) by DFT.

Molecules	E_T (u.a.)	*ZPE* (u.a.)	$H_{298\,K}$ (u.a.)	E_{LUMO} (u.a.)	E_{HOMO} (u.a.)	E_{gap} (u.a.)
D-glucaric acid (8)						
Gas phase	-836.5163	-836.3351	-836.3191	-0.03668	-0.28684	0.25016
Implicit medium	-836.5363	-836.3565	-836.3399	-0.03197	-0.28553	0.25356
Mono-hydrated D-glucaro-1,4-lactone (9)						
Gas phase	-836.5224	-836.3423	-836.3262	-0.03198	-0.27831	0.24633
Implicit medium	-836.5438	-836.3646	-836.3481	-0.03458	-0.28370	0.24912
Mono-hydrated D-glucaro-6,3-lactone (10)						
Gas phase	-836.5221	-836.3417	-836.3257	-0.04386	-0.29350	0.24964
Implicit medium	-836.5443	-836.3648	-836.3486	-0.03710	-0.29111	0.25401

In table 1, the values of the energies indicate that for each system, a greater stability is observed when passing from gas phase to implicit aqueous medium. This is due to the effect exerted by the implicit solvent. The results of the optimizations of the systems (9 and 10) indicate that in the gas phase, the mono-hydrated D-glucaro-1,4-lactone (9) presents a greater stability than its counterpart the 6,3-lactone (10), while in implicit aqueous medium the opposite is observed.

According to the experimental results available in the literature, when the D-glucaric acid (1) and its mono-lactone forms (2-3) are in equilibrium in aqueous solution, the D-glucaro-6,3-lactone (3) presents in a quantity slightly higher than that of the D-glucaro-1,4-lactone (2), (Hirasaka *et al*., 1965; Brown *et al*., 2007). This indicated the greater stability for the 6,3-lactone ring (3). Thus, it is possible to conclude, that the simple explicit mono-hydration is not enough to describe this system, and that the introduction of an implicit solvation is necessary for the study of this equilibrium.

The HOMO-LUMO energy gap allows obtaining clues on the reactivity (Todeschini and Consonni, 2009). Concerning the values of the gaps HOMO-LUMO, and by comparing the systems (9 and 10) that the mono-hydrated D-glucaro-1,4-lactone (9) has lower E_{gap} values than its counterpart mono-hydrated D-glucaro-6,3-lactone (10). Thus, according to these results, the system (9) is more reactive than the system (10). This is consistent with the experimental results on the reactivity of D-glucaro-monolactones (Davey *et al*., 2006).

The instability of the 1,4-lactone ring (2) has been treated in different works. Indeed, Hirasaka and Umemoto (1965) indicated that the fast mutarotation of the D-glucaro-1,4:6,3-dilactone (4) in aqueous solution was attributable to the instability of its 1,4-lactone ring. Also, Brown *et al*. (2007) argued that the opening of the dilactone (4) molecule, rapidly produces 6,3-lactone (3), due to the instability of the 1,4-lactone ring.

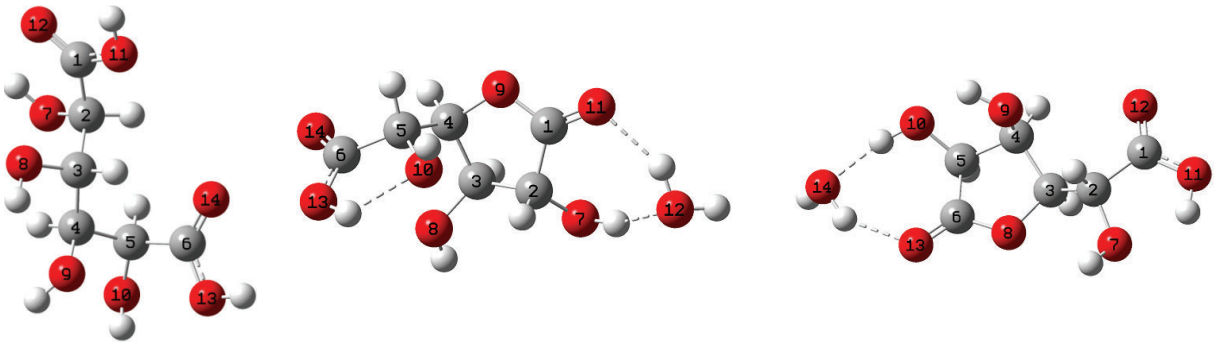
However, our results do not indicate such an important instability of the system (9)! If we observe more closely the conformations of the D-glucaro-1,4-lactone (2), we find that no contradiction exists. Indeed, the instability indicated in the works of Hirasaka and Umemoto (1965), as well as Brown *et al*. (2007) related to the conformation ^3E(D) of the 1,4-lactone ring of the D-glucaro-1,4:6,3-dilactone (4), the conformation of the latter being ^3E:E_4(D). Meanwhile, the privileged conformation of the D-glucaro-1,4-lactone (2), described by Horton and Walaszek (1982) as well as the crystallized form given by Gress and Jeffrey (1976) are all of type E_3(D),gg. In addition, the results of Brown *et al*. who pointed out that D-glucaro-1,4-

1993) and the basis set 6-31+G(d,p). The results have been visualized through the GaussView 5.0.8 graphical interface (Dennington *et al.*, 2009). Finally, and in order to simulate more closely the biological medium, which is essentially formed of water, the effects of solvent in aqueous medium have been taken into account implicitly using, in calculations, the polarizable continuum model (PCM) (Miertus *et al.*,1981 ; Cammi and Tomasi, 1995). Regarding the explicit consideration, we are content with a mono hydration, where the water molecule is positioned near the lactone function, thus allowing equilibrium between cyclic and acyclic forms.

RESULT AND DISCUSSION

Structures and electronic properties of the D-glucaric acid and its mono-lactones

The D-glucaric acid in sickle-like conformation (8) and its mono-hydrated mono-lactone forms including D-glucaro-1,4-lactone in E_3(D),gg conformation (9) and D-glucaro-6,3-lactone in E_4(D),gt conformation (10) were optimized by DFT in the gas phase but also in an implicit aqueous medium. In total, three reference systems are described. The optimized structures in the implicit aqueous medium, with the numbering of carbon and oxygen atoms, are given in figure 3.



8 9 10

Fig 3. Optimized structures of the D-glucaric acid (8) and its mono-hydrated cyclic forms (9 and 10), obtained by DFT in implicit aqueous medium.

No intramolecular hydrogen bond appeared in the optimized structures of the D-glucaric acid (8). This is in agreement with the structure of this diacid characterized in solution (Denton el al., 2011). For cyclic forms, only the mono-hydrated D-glucaro-1,4-lactone (9) has, in the implicit aqueous medium, an intramolecular hydrogen bond in its structure. Also, two intermolecular hydrogen bonds appear respectively in each mono-hydrated system (9 and 10), and this between the explicit water molecule and the cyclic γ-lactone.

Total energies (E_T), zero point energies (*ZPE*), enthalpies ($H_{298\ K}$), frontier orbital energies: highest occupied molecular orbital (E_{HOMO}) and lowest unoccupied molecular orbital (E_{LUMO}), as well as the HOMO-LUMO energy gaps (E_{gap}) of the three reference systems in the gas phase and in the implicit aqueous medium are given in Table 1.

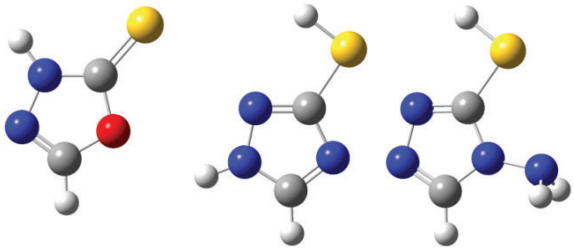
We emphasize that D-glucaric acid, D-glucaro-1,4-lactone and D-glucaro-6,3-lactone, regardless of their conformations are numbered respectively (1), (2) and (3). However, in their favorable conformations that we have modeled we number them, respectively (8), (9) and (10). For this reason, when we report the experimental results we will use the first numbering.

of developing this disease could be reduced by consumption of diets rich in D-glucaric acid (1). Indeed, the D-glucaro-1,4-lactone (2) being able to suppress β-glucuronidase, an enzyme produced by the microflora of the colon, whose activity is associated with an increased risk of various cancers (Zółtaszek *et al*., 2008).

The natural nucleosides are molecules formed by the association of a nucleobase and a sugar (Watson and Crick, 1954). A modification on one of these fragments, or both at the same time, i.e. modified sugar, modified nucleobase or modified sugar and nucleobase give, nucleoside analogues. Also it is possible to classify them into two main categories of cyclic or acyclic analogues. As well, depending on the type and number of heterocycles, it is possible to distribute them in mono-, bi-, tri-, or poly-cyclic or polymeric bases, and in double-headed, triple-headed nucleoside analogues... etc. (Kisakürek, 2000; Simons, 2000; Chu, 2002; El Ashry, 2007). It should be noted that the nucleoside analogues are in fact molecules similar to natural nucleosides, and some of which possess therapeutic activities against various diseases, bacteria and viruses such as the hepatitis B virus, the human immunodeficiency virus, among others (Romeo *et al*., 2010; Chhikara *et al*. , 2014; Wu *et al*., 2018).

In this study, we present new nucleoside analogue molecules able to be in equilibrium between cyclic and acyclic forms in a biological medium. These candidate molecules are single-headed acyclo-C-nucleosides carrying on one side a fragment of D-glucaric acid (1) or one of its mono-lactones (2 or 3), and on the other side a heterocyclic moiety.

The heterocycles that can be tested for this study are numerous: whether they are saturated or unsaturated heterocycles, that the heteroatom is the nitrogen, the oxygen, the sulfur, the phosphorus or the halogens, or that the heterocycle is carrying hydroxyl , amine or thiohydroxylated derivatives able to have a tautomeric behavior, the choice is very diversified. However, we have selected three, which are : the 1,3,4-oxadiazole-2-thione (5), the 1,2,4-triazole-3-thiol (6) and the 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol (7), whose structures are given in the figure 2.



5 6 7

Fig 2. Heterocycles chosen for this study.

This choice is justified by the fact that three double-headed acyclo-C-nucleosides, carriers these heterocycles, were synthesized from the D-glucaric acid (1) (Amara and Othman, 2016) and whose computational results have already been published (Amara *et al*, 2015). So, this is continuity in the path of a series of molecules already synthesized. At the same time, the selected 1,3,4-oxadiazole and 1,2,4-triazole derivatives are scaffolds that have a variety of biological importance widely reported in the literature (Othman *et al*., 2014).

Thus, we propose to design and study theoretically twelve nucleoside analogues derived from D-glucaric acid (1), then to compare them to their precursor and its mono-lactones (2 and 3) taken as reference. It's about doing a study of the stability and reactivity in order to motivate this synthesis among chemists.

MATERIALS AND METHODS

Concerning the modeling of the molecules, as developed in the introductory part, some researches have described the privileged conformations of the D-glucaric acid (1) and its D-glucaro-monolactones (2 and 3) forms in solution. These favored conformations are taken as a starting point for this study. The molecules were optimized, via Gaussian09 software (Frisch *et al*., 2009), by the density functional theory (DFT), using the hybrid functional B3LYP (Lee *et al*., 1988; Becke,

temperature (Hirasaka *et al*., 1965; Horton and Walaszek, 1982; Brown *et al*., 2007). All agree that switching from one mono-lactone to another is done mainly via the acyclic form, the dilactone (4) being detectable in very small amount in solution at an elevated temperature.

Also, it has been reported that the reactivity of the ring 1,4-lactone (2) was higher compared to that of the 6,3-lactone ring (3) (Davey *et al*., 2006).

Some works have described the conformations of D-glucaric acid (1) and its lactone forms in solution. Among the most recent studies, (Armstrong et al., 2017; Denton *et al*., 2011) have characterized the crystal structure of D-glucaric acid (1) in solution and indicated that it has a sickle-like (bent) $_2G^+_3G^+$ conformation.

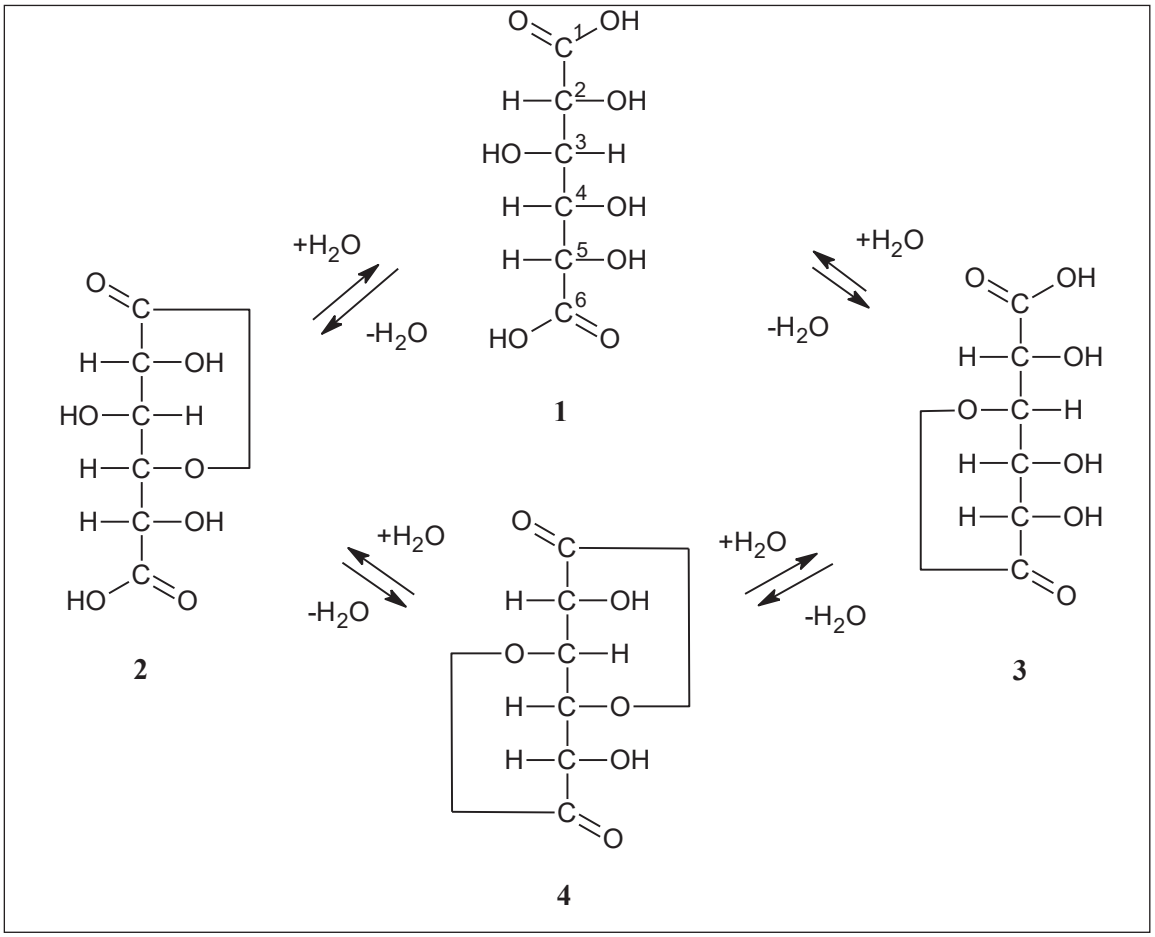


Fig 1. Equilibrium of the D-glucaric acid (1) with its mono- and di- lactones (2-4) forms in aqueous solution.

Crystal structures of the D-glucaric acid derivatives have also been reported, some of which have variable bent conformations, while others are conformationally extended (Styron *et al*., 2011). Concerning the mono-lactones, in 1982, Horton and Walaszek studied the conformations of these molecules in solution. For the D-glucaro-1,4-lactone (2), they have indicated that a conformational equilibrium ^3E(D) and E_3(D) exists in solution and that the OH group carried by C5 carbon tends to occupy the position on the lactone ring in the favored conformation E_3(D),gg (Horton and Walaszek, 1982). Whereas for the D-glucaro-6,3-lactone (3), they have indicated that the conformation of E_4(D),gt was favored with almost none ^4E(D) conformation present (Horton and Walaszek, 1982).

In the field of health, it has been shown that the diacid (1) in its D-glucaro-1,4-lactone (2) form has an anticancer effect, and that the risk

DFT Studies of New Class of Single-Headed Nucleosides Derived from the D-glucaric Acid

Sarah Amara, Noureddine Tchouar and Adil A. Othman

Department of Physical Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Sciences and Technology of Oran Mohamed Boudiaf, Oran, Algeria

Received 3 December 2018 - Accepted 10 March 2019

https://doi.org/10.37575/b/sci/2027

ABSTRACT

The nucleoside analogues can be conveniently classified into cyclic or acyclic analogues. The goal of this study is to anticipate the structural and electronic properties of new single-headed acyclo-C-nucleosides derived from the D-glucaric acid which are able to be in equilibrium with their corresponding cyclic forms by lactonization. The heterocyclic moieties selected for this study are: the 1,3,4-oxadiazole-2-thione, the 1,2,4-triazole-3-thiol and the 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiol. Using density functional theory, the candidate nucleosides will be compared with the D-glucaric acid and its mono-lactones that are used as references. The results indicated that incorporating of the heterocycles significantly increase the reactivity of the new nucleosides. For the cyclic forms, a high reactivity of the molecules carrying the 6,3-lactone ring are observed in comparison with those carrying the 1,4-lactone ring. Whereas for the acyclic forms, the substitution of the carboxylic acid group by the heterocyclic moiety in position of carbon C6 gives a greater stability to the molecules compared with the same substitution in position C1. The results motivate theoretically the synthesis of this new class of nucleoside analogues, but it remains to find out the experimental conditions.

Key Words: DFT, D-glucaric acid; D-glucaro-1,4-lactone; D-glucaro-6,3-lactone; .

INTRODUCTION

The D-Glucaric acid [(2R,3S,4S,5S)-2,3,4,5-tetrahydroxyhexanedioic acid] (1) is a carbohydrate derived from the D-glucose and whose different possible applications have not yet been exploited as it should, considering the low cost and abundance of its precursor (Cui, 2005). As it is presents in small quantities in various fruits and vegetables (Walaszek *et al*., 1996), the D-glucaric acid (1) is more conveniently prepared by oxidation of D-glucose using different methods. Sohst and Tollens (1888), using the nitric acid, oxidized the D-glucose to the D-glucaric acid (1) and isolated the latter in the form of potassium salts (Sohst and Tollens, 1888). However, the large-scale production by the nitric acid was not promising, due to concurrent secondary reactions giving a low rate of this diacid (1) as well as, the strongly exothermic nature of the oxidation (Smith *et al*., 2012). Some works have proposed to optimize the oxidation and extraction processes of this molecule (Armstrong *et al*., 2017; Yuan *et al*., 2017). Moreover, several patents that focused on improving yields and oxidation conditions in addition to the recovery (recycling) of the nitric acid have been deposited (Mehltretter *et al*., 1949; Ulrich *et al*., 1966; Kiely and Ponder, 2000; Donen *et al*., 2015; Kiely and Hash, 2015).

A variety of other methods exist for the synthesis of the D-glucaric acid (1) such as the oxidation catalyzed by sodium nitrite (Grigoreva *et al*., 2001), the electrocatalytic oxidation (Ibert *et al*., 2010), the biological synthesis in Escherichia coli (Moon *et al*., 2010; Qu *et al*., 2018), the oxidation using Au/C catalysts (Solmi *et al*., 2017).

Since the work of Hirasaka and Umemoto (1965), it is well known that the D-glucaric acid (1) equilibrates in aqueous solution with its mono- and di-lactone forms : D-glucaro-1,4-lactone (2), D-glucaro-6,3-lactone (3) and D-glucaro-1,4:6,3-dilactone (4) as shown in figure 1.

Various studies have examined the equilibrium of this diacid (1) in neutral medium, in acidic solution and by varying the

تصنيع وتوصيف جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانومترية بالطريقة الخضراء باستخدام مستخلص أوراق الصبار عند قيم مختلفة من الأس الهيدروجيني

ماجدة سيد حنفي[1] و دعاء أحمد عبد الفضيل[2] و محمد عبد السلام محمد عليوة[1] و نرمين أحمد كيلاني[1]

(1) قسم الفيزياء الحيوية، كلية العلوم، جامعة الزقازيق
(2) قسم تطبيقات الليزر في العلوم الصيدلية، المعهد القومي لعلوم الليزر، جامعة القاهرة

استلام 15 نوفمبر 2018م - قبول 19 مايو 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2020

الملخص

جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانوية كانت محور العديد من التطبيقات الواعدة نظرًا لخواصها الفريدة، وقلة التكلفة، وتوافرها، وتوافقها الحيوي. في الآونة الأخيرة تمت دراسة استخدام المستخلصات النباتية لإنتاج جسيمات أوكسيد النانو المعدني على نطاق واسع كبديل أكثر أمانًا للطرق الفيزيائية والكيميائية العادية. هذه الدراسة توضح تقنية بسيطة وآمنة ومنخفضة التكلفة وصديقة للبيئة لإنتاج جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانوية بالطريقة الخضراء. تم تحضير مسحوق جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانوية البلورية بدرجة حرارة الغرفة باستخدام رباعي كلوريد التيتانيوم كمادة أولية ومستخلص أوراق الصبار كعامل اختزال عند قيم مختلفة من الأس الهيدروجيني (حامضي، متعادل، قاعدي). وتم توصيف الجسيمات النانوية بجهاز الطيف الضوئي المرئي للأشعة فوق البنفسجية لقياس أقصى امتصاص لجسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانوية مختلفة الأس الهيدروجيني (حامضي، متعادل، قاعدي) عند 318 & 326, 330 نانومتر على التوالي، وجهاز حيود الأشعة السينية لمعرفة التركيب الطوري، والمجهر الإلكتروني النافذ عالي الدقة لدراسة الشكل وترتيب الهيكل وقطر الجسيم. وضحت النتائج أن جسيمات النانو المحضرة كروية الشكل عالية التبلور ونقية. هذا البحث يوضح تأثير الأس الهيدروجيني على الطور والحجم البلوري لجسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانوية. لوحظ أن متوسط الحجم البلوري لجسيمات النانو وفقا للأس الهيدروجيني (حامضي، متعادل، قاعدي) هي 22.86±0.85 & 15.8±0.902, 13.3±0.68 نانومتر على الترتيب. وجد أن جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم في الوسط القاعدي مكونة من الطور البلوري الوحيد (الأناتاس)، بينما في الوسط المتعادل مكونة من (أناتاس، روتايل)، وفي الوسط الحامضي مكونة من (أناتاس، روتايل، بروكيت).

الكلمات المفتاحية: جسيمات ثنائي أوكسيد التيتانيوم النانومترية، الطريقة الخضراء، مستخلص أوراق الصبار.

Mohan, R., Drbohlavova, J., and Hubalek, J. 2013. Water-dispersible Tio_2 nanoparticles *via* a biphasic solvothermal reaction method. Nanoscale Research Letters. 8(1):503. doi: 10.1186/1556-276X-8-503. Accessed 28 Jan 2018.

Oskam, G., Nellore, A., Lee Penn, R., and Searson, P. C. 2003.The growth kinetics of Tio_2 nanoparticles from titanium (IV) alkoxide at high water/titanium ratio. Journal of Physical Chemistry B. 107(8): 1734–1738.

Santhoshkumar, T., Rahman, A. A., Jayaseelan, C., Rajakumar, G., Marimuthu, S., Kirthi, A. V., Velayutham, K., Thomas, J., Venkatesan, J., and Kim, .S. K. 2014. Green synthesis of titanium dioxide nanoparticles using *Psidium guajava* extract and its antibacterial and antioxidant properties. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 7(12): 968-976.

Sivaranjani, V., and Philominathan, P. 2016. Synthesize of Titanium dioxide nanoparticles using *Moringa oleifera* Leaves and evaluation of wound healing activity. Wound Medicine. 12: 1-5.

Subhapriya, S., and Gomathipriya, P. 2018. Green synthesis of titanium dioxide (TiO_2) nanoparticles by *Trigonella foenum-graecum* extract and its antimicrobial properties. Microbial Pathogenesis. 116: 215-220.

Sundrarajan, M., Bama, K., Bhavani, M., Jegatheeswaran, S., Ambika, S., Sangili, A., Nithya, P., and Sumathi, R.2017. Obtaining titanium dioxide nanoparticles with spherical shape and antimicrobial properties using *M. citrifolia* leaves extract by hydrothermal method. Journal of Photochemistry Photobiology B. Biology. 171: 117-124.

Surjushe, A., Vasani, R., and Saple, D. G. 2008. *Aloe Vera*: a short review. Indian Journal of Dermatology. 53(4):163–166.

Tippayawat, P., Phromviyo, N., Boueroy, P., and Chompoosor, A. 2016. Green synthesis of silver nanoparticles in *Aloe Vera* plant extract prepared by a hydrothermal method and their synergistic antibacterial activity. Peer J. (4): e2589. DOI: 10.7717/peerj.2589.

Wang, Y., Wang, J., Wu, M., Deng, X ,.Wen, T., Chen, C., Zhang, H., Liu, Y., and Jia, Z. 2010. Internalization, translocation and biotransformation of silica coated titanium dioxide nanoparticles in neural stem cells. Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 10(11)7121-7125: .

Yuvasree, P., Nithya, K., and Neelakandeswari, N. 2013. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Aloe Vera* plant extract and its antimicrobial activity against multidrug-resistant pathogens. Proceedings of the International Conference on Advanced Nanomaterials & Emerging Engineering Technologies, Chennai, India. Date of conference 24-26 July 2013. doiI:10.1109/ICANMEET.2013.6609241. Accessed 24 Jan 2018

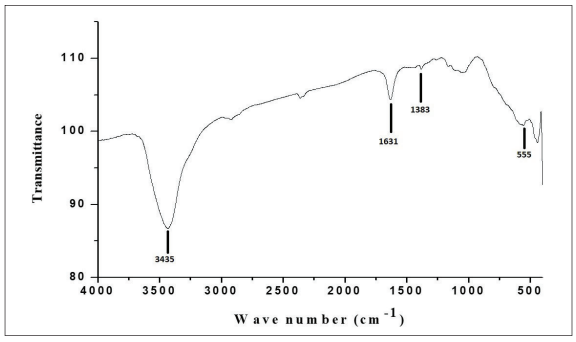


Fig. 5: FTIR spectrum of basic TiO_2NP

CONCLUSION

The TiO_2NPs were successfully synthesized using a green synthesis method at different pH values using *Aloe Vera* leaves extract as a reducing agent and $TiCL_4$ as a starting material. The formation of the nanoparticles was confirmed by UV-spectrophotometry, XRD, and TEM. The influence of pH on the prepared particles was also evaluated. All the prepared particles were characterized by high purity, particle size, and spherical shape with no aggregation. The particle size and crystalline phases of the prepared TiO_2NPs were influenced by the pH of the precursor solution. XRD analysis pointed out that basic pH (pH = 9) is favored for green synthesis of TiO_2NPs using *Aloe Vera* leaves extract, as it resulted in the smallest particle size and the purest crystalline phase. The present work proves that biosynthesis of TiO_2NPs using *Aloe Vera* leaves extract is an environmentally friendly technique that is cost-effective, time-saving, and results in the formation of particles in a nano-size range that can be further used in various biomedical applications.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their great gratitude to Dr. Wesam Ahmed Tawfik, founder, and director of Naqaa Nanotechnology Network NNN, Egypt, for her helpful cooperation and technical support.

REFERENCES

Alavi, M., and Karimi, N. 2017. Characterization, antibacterial, total antioxidant, scavenging, reducing power and ion chelating activities of green synthesized silver, copper and titanium dioxide nanoparticles using *Artemisia haussknechtii* leaf extract. Artificial Cells Nanomedicine and Biotechnology. 12: 1-16.

Bagheri, S., Shameli, K., and Abd Hamid, S. B. 2013. Synthesis and Characterization of Anatase Titanium Dioxide Nanoparticles Using Egg White Solution via Sol-Gel Method. Journal of Chemistry Volume 2013, Article ID 848205. http://dx.doi.org/10.1155/2013/848205. Accessed 19 April 2019.

Chandran, SP., Chaudhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A., and Sastry, M.2006 . Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloe Vera* plant extract. Biotechnol Prog. 22(2):577-583.

Dobrucka, R. 2017. Synthesis of titanium dioxide nanoparticles using *Echinacea purpurea* Herba. Iran. J. Pharm. Res. 16(2):756-762.

Ju, Y., Wang, M., Wang, Y., Wang, S., and Fu, C. 2013. Electrical properties of amorphous titanium oxide thin films for bolometric Application. Advances in Condensed Matter Physics. doi.org/10.1155/2013/365475.

Kotta, A., Ansari, S.A., Parveen, Fouad, H., Alothman,O. Y., Khaled, U., Seo, H. K., Ansari, S.G., Ansari Z.A. 2018. Mechanochemical synthesis of melamine doped TiO_2 nanoparticles for dye sensitized solar cells application. J. Mater. Sci: Mater. Electron. 29(11): 9108-9116. https://doi.org/10.1007/s10854-018-8938-y. Accessed 19 April 2019.

Kumar, S., Polasa, M., Shilpa, Ch., and Venkateswara, K. 2015. Preparation and characterization of Titanium dioxide nanoparticles by Polyvinylpyrrolidone hydrothermal Processes. International Journal of Multidisciplinary Advanced Research Trends. 2(1): 264-272.

McNamara, K. and Tofail, S.A. 2017. Nanoparticles in biomedical applications. Advances in Physics: X. 2(1): 54-88.

Mishra, A. 2014. Analysis of Titanium dioxide and its application in industry. International Journal of Mechanical Engineering and Robotic Research. 3(3): 561-565.

no aggregates. The average particle size estimated for acidic, neutral, and basic TiO_2NPs was about 22.615.8±0.826 ,1.81±, and 13.3±0.351 nm, respectively which is in a good agreement with XRD results.

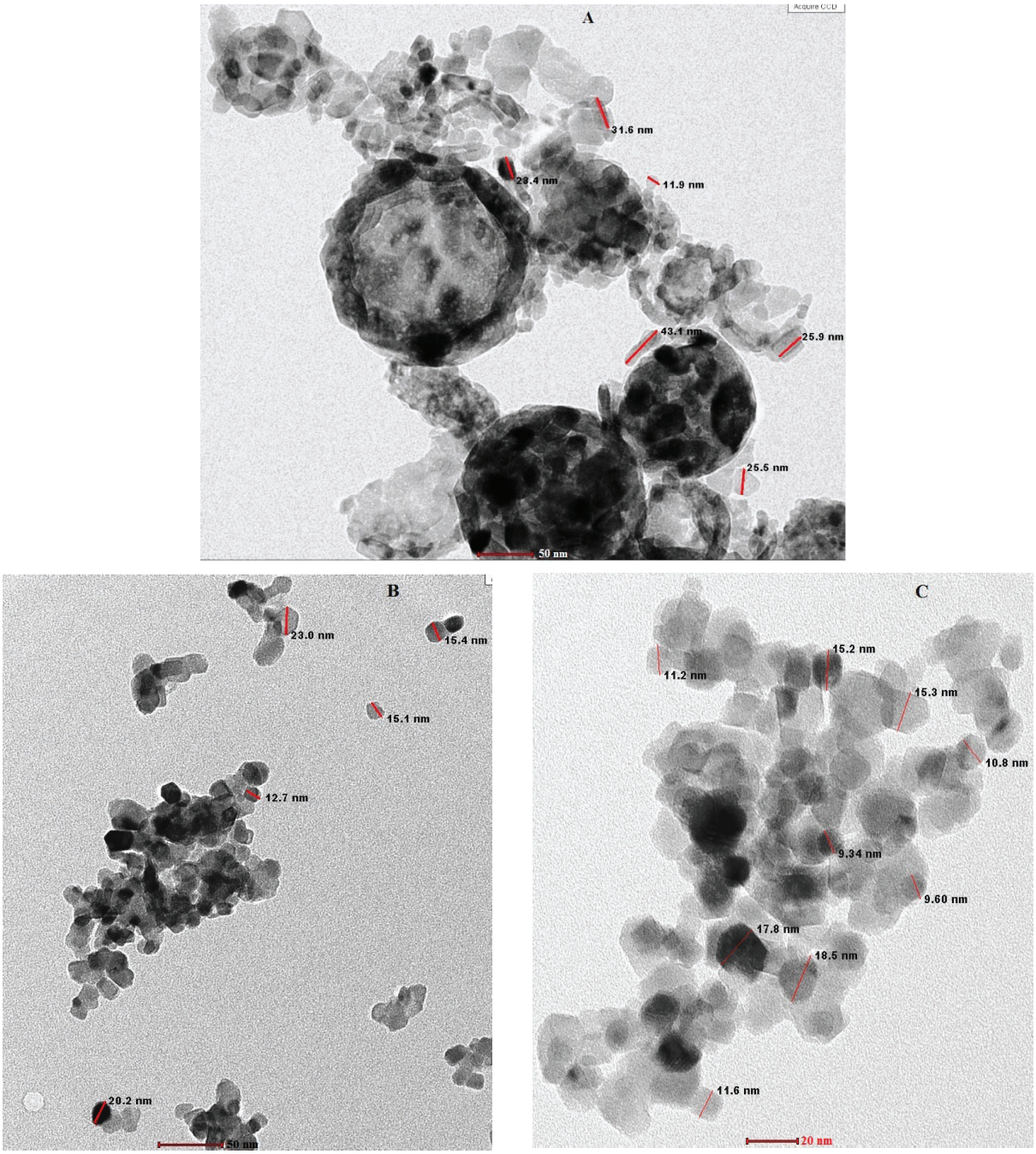


Fig. 4 TEM images of TiO_2NPs: A) synthesized at acidic pH, B) synthesized at neutral pH, C) synthesized at basic pH.

Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy

The infrared spectrum of the basic TiO2 NPs (Fig. 5) showed peak at 555 cm^{-1} which is characteristic of Ti-O stretching vibration that confirms the formation of metal oxygen bonding. The peak at 1383 cm^{-1} is characteristic to the stretching vibrations of Ti-O-Ti. The peaks centered at 3435 cm^{-1} and 1631 cm^{-1} are the characteristic of the stretching and bending vibration of hydroxyl groups and the adsorbed water molecules on the surface of TiO_2 (Bagheri *et al*., 2013).

Fig. 3A, B and C, respectively. It is obvious that the pattern of acidic TiO_2NPs exhibited eight distinct sharp diffraction peaks (marked with A) at 25.4°, 37.98°, 48.06°, 54.03°, 55.19°, 62.84°, 68.89°, and 75.23° of the tetragonal anatase phase of TiO_2 (Anatase XRD JCPDS card number No.78-2486). These peaks dominated over the rutile phase (a weak diffraction peak at 2θ=27.45° and marked with R) and brookite phase (a weak diffraction peak at 2θ=31.93° and marked with B). XRD pattern of neutral TiO_2NPs (Fig. 3B) exhibited intense eight diffraction peaks at 25.08°, 25.33°, 37.88°, 48.05°, 53.84°, 55.08°,62.50°, and 75.09° of the tetragonal anatase phase of TiO_2 (Anatase XRD JCPDS card number No.84-1285) and a weak diffraction peak of rutile phases at 2θ=36.86. XRD pattern of basic TiO_2NPs (Fig. 3C) showed only six diffraction peaks at 25.26°, 36.98°, 48.98°, 53.88°, 54.95°, and 62.62° of the tetragonal anatase phase of TiO_2. XRD measurements revealed that the prepared TiO_2NPs were characterized by high purity as indicated by the sharpness of the peaks and the absence of unidentified peaks.

The average particle size was calculated by Scherrer's equation on the anatase phase (the most intense peaks), brookite and rutile phases (weak diffraction peaks) as following:

$D=K\lambda/(\beta \cos \theta)$ (Oskam *et al*., 2003)

Where D is crystalline size, λ is the wavelength of X-ray (1.54 Å), β is full-width half maxima, θ is diffracting angle, and K is shape factor (0.9). The average size estimated for acidic, neutral and basic TiO_2NPs was 22.86±0.85, 15.83±0.902, and 13.3±0.68 nm, respectively (data are represented as mean ± standard deviation, n=3). It is clear that as the pH increases the particle size decreases. In all pH values, the TiO_2NPs exhibited nanoparticle size that is favorable for biomedical applications.

Based on XRD measurements, basic TiO_2NPs exhibited the smallest size and composed of only one crystalline phase (anatase phase) while acidic and neutral TiO_2NPs were composed of a mixture of phases. Few previous studies have studied the effect of pH on the green synthesis of TiO_2NPs. Dobrucka (2016) studied the effect of pH on green synthesis of TiO_2NPs from *Echinacea purpurea* Herba leaf extract, and reported that basic pH has facilitated the formation of TiO_2NPs.

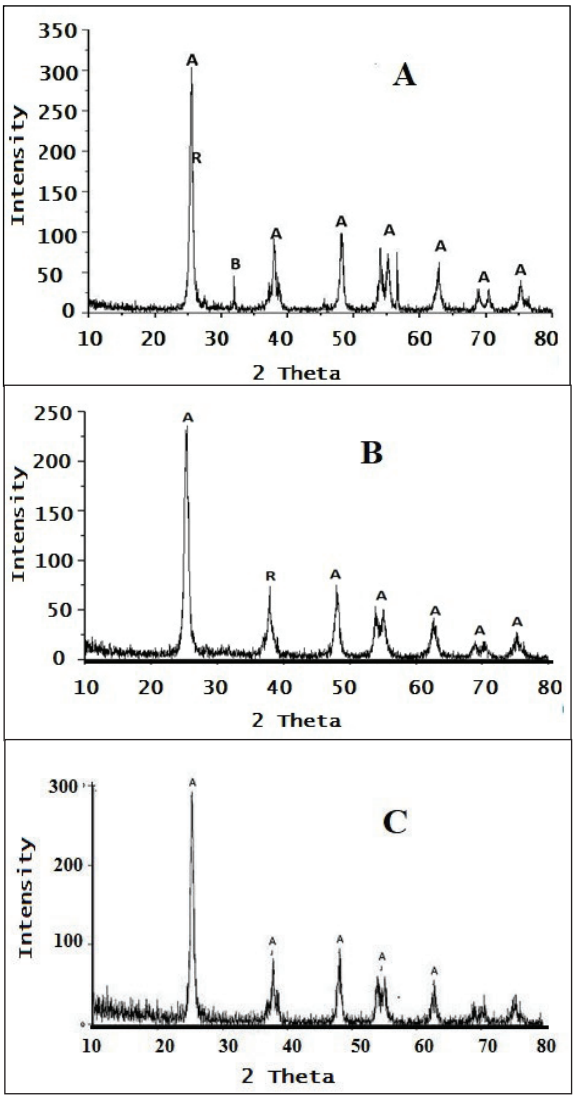


Fig. 3 XRD patterns of TiO_2NPs: A) synthesized at acidic pH, B) synthesized at neutral pH, C) synthesized at basic pH.

High-resolution transmission electron microscope (HR-TEM)

The morphology, structure arrangement and diameter of the particles were observed by HR-TEM. TEM images of acidic, neutral, and basic TiO_2NPs were illustrated in Fig. 4A, B, and C, respectively. The TEM image revealed spherical particles with

illustrated in Fig. 1.

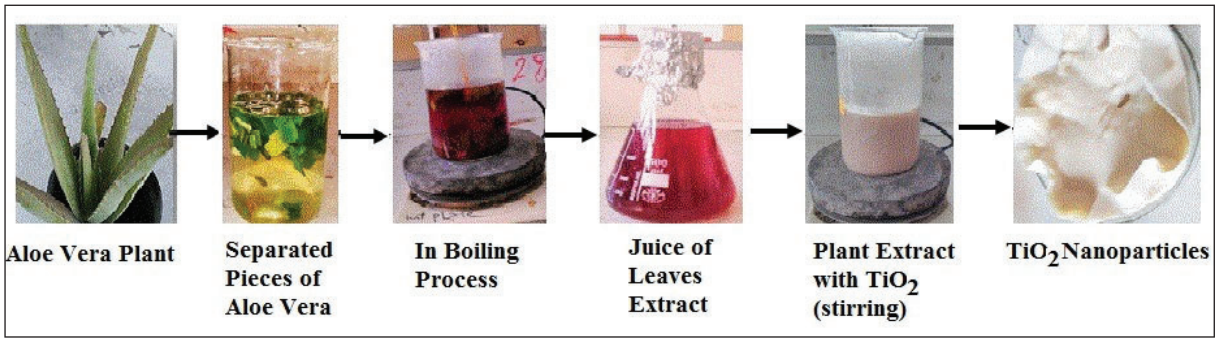


Fig. 1 Diagrammatic scheme for green synthesis of TiO_2NPs using Aloe era leaves extract

Characterization of TiO_2NPs

Formation of TiO_2NPs under acidic, neutral and basic pH values was assessed by UV-visible spectrophotometry which used to characterize the optical properties of the prepared particles. It was carried out using a double beam spectrophotometer (Ray Leigh UV-2601, USA) in the range of 200-600 nm. X-ray diffraction (XRD, Philips analytical) was applied to the three prepared samples in order to identify the crystal phase and to estimate the average particle size as well. It was done using CuKα-radiation (λ=0.154 nm), 2θ in the range of 10˚- 80˚. The morphology of the prepared particles was examined by high-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM AR-TEM, Tecnai G20, FEI, Nether land). Diluted samples were wetted on a carbon-coated copper grid and left to dry before the analysis. Fourier transform infrared (FTIR) spectra were carried out in wave number range of 4000 to 400 cm^{-1} using IR spectrometer [JASCO model (FT/IR–4100 type A)] to record chemical bonds and the functional groups of the synthesized nanoparticles.

RESULTS AND DISCUSSION

UV-visible spectrophotometry

The absorption spectra of the acidic, neutral and basic TiO_2NPs showed maximum absorption in the UV region at 318, 326 and 320 nm as illustrated in Fig. 2 A, B, and C, respectively. Several previous studies have reported that the maximum absorption of TiO_2NPs was at UV region but at different wavelengths. The maximum absorption of TiO_2NPs that synthesized using *Trigonella Foenum* leaves extract was at 400 nm (Subhapriya and Gomathipriya, 2018), while those synthesized using *Echinacea purpurea* Herba extract showed maximum absorption at 280 nm (Dobrucka, 2016). These differences may be attributed to the sensitivity of the UV spectrum to many factors such as shape, size, and agglomeration of the particles.

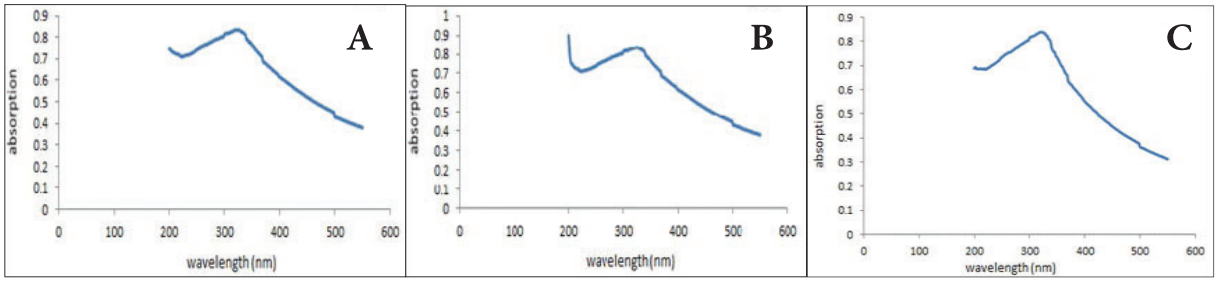


Fig. 2 UV-visible spectrum of TiO_2NPs: A) synthesized at acidic pH, B) synthesized at neutral pH, C) synthesized at basic pH

X-Ray Diffraction (XRD)

XRD pattern of TiO_2NPs prepared by green synthesis using *Aloe Vera* leaves extract at acidic, neutral and basic pH are illustrated

to synthesis TiO_2NPs including physical methods such as low-pressure gas evaporation method, a sputtering method, plasma method, high energy ball milling, and chemical methods such as oxidation-reduction method, laser synthesis, hydrothermal and sol-gel method. However, these methods are potentially hazardous, costly and require high pressure and high energy (Alavi and Karimi, 2017). The green synthesis approach, a technique which involves the use of plant extracts, has been developed as an eco-friendly, economical, safer, non-toxic and simpler route of synthesis that is suitable for large scale production. Furthermore, this technique doesn't require high pressure, high temperatures, costly equipment or hazards chemicals, consequently, it could overcome the drawbacks of physical and chemical methods (Sundrarajan *et al*., 2017). Various plant extracts have been proved to be potential reducing agents, therefore, they could be successfully involved in the green synthesis of TiO_2NPs (Sivaranjani and Philominathan, 2016).

Aloe Vera, a plant belongs to succulent species, was used since the earlier centuries as a medicinal plant. It is a short stemless plant growing to 60-100 cm tall with very characteristic fleshy, thick leaves (Yuvasree *et al*., 2013). *Aloe Vera* contains a variety of vitamins (such as vitamin A, vitamin C, vitamin B12 and vitamin E), folic acid, various amino acids, enzymes, minerals, and sugars. Moreover, *Aloe Vera* leaves extract contains many water-soluble substances like Aloe emodin and many active constituents as lignin, hemicellulose, pectin which enable it to act as reducing agents (Surjushe *et al*., 2008). It has been used before as a reducing agent to produce gold and silver nanoparticles (Chandran *et al*., 2006; Tippayawat *et al*., 2016). Accordingly, *Aloe Vera* leaves extract was selected in this study as a reducing agent for green synthesis of TiO_2NPs from the precursor. The effect of pH of the media on the nanoparticle formation has been evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Titanium tetrachloride ($TiCL_4$), purity≥99%, Hydrochloric acid (HCL) and Ammonium hydroxide (NH_4OH) were purchased from Merck. All chemical reagents were of analytic purity and used directly without further purification.

Methods

Preparation of *Aloe Vera* leaves extract

Healthy Leaves of *Aloe Vera* were collected from the botany department, Faculty of Science, Zagazig University, Egypt, and washed twice with tap water followed by distilled water to remove dust particles and other contaminants. Twenty-five g of the leaves were added to 100 ml distilled water and boiled for 2h at 90°C. The extract was purified by filtration using Whatman No.1 filter paper. The filtrate was stored for the synthesis of nanoparticles.

Green synthesis of TiO_2NPs

TiO_2NPs were prepared using $TiCL_4$ as a precursor. Briefly, 100 ml leaves extract was added dropwise to a 100 ml 1.0 N $TiCL_4$ solution in deionized water. The mixture was kept under constant stirring for 4h at room temperature, then divided into three different beakers with three different pH values: acidic (pH<1), neutral (pH=7) and basic (pH=9), respectively. The desired pH values were adjusted by adding NH_4OH and HCL. The obtained white suspension was filtered using Whatman No.1 filter paper to separate the formed nanoparticles which then washed with double distilled water repeatedly to remove the by-products and finally dried at 100°C overnight. The obtained dry powder was further calcined at 500°C for 4 hours to decompose all biomolecules at such high temperature were only the stable metal oxide nanoparticles are retained (Sundrarajan *et al*., 2017). The steps of green synthesis are

Green Synthesis and Characterization of TiO_2 Nanoparticles Using *Aloe Vera* Extract at Different pH Value

Magda. S. Hanafy[(1)], Doaa. A. Abdel Fadeel[(2)], Mohammed. A. Elywa[(1)], Nermeen. A. Kelany[(1)]

(1) Biophysics Branch, Physics Department, Faculty of Science, Zagazig University, Zagazig, Egypt.
(2) Pharmaceutical Technology unit, Department of medical applications of laser, National Institute of laser enhanced sciences, Cairo University, Cairo, Egypt.

Received 15 November 2018 - Accepted 19 May 2019

https://doi.org/10.37575/b/sci/2020

ABSTRACT

The use of plant extracts for metal oxide nanoparticles synthesis has been extensively studied as a safer alternative to ordinary methods. The present work focused on the synthesis and characterization of Titanium dioxide nanoparticles (TiO_2NPs) by eco-friendly green synthesis method. The green synthesis was conducted at room temperature at different pH values (acidic, neutral, and basic) using Titanium tetrachloride ($TiCl_4$) as a precursor and *Aloe Vera* leaves extract as a reducing agent to avoid the use of hazardous chemicals. The characterization of TiO_2NPs was carried out by UV-visible spectrophotometry, Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR), X-ray Diffraction (XRD) and high-resolution transmission electron microscope (HRTEM). The influence of pH on the crystalline phase and size of the TiO_2NPs was also studied. The results revealed that, the maximum absorption of acidic, neutral, and basic TiO_2NPs were in the UV region at 318, 326 and 320 nm respectively. The synthesized nanoparticles were spherical in shape and highly pure. Formation of TiO_2NPs was further confirmed by FTIR spectrum showed characteristic peaks of Ti-O and Ti-O-Ti vibrations at 555 cm^{-1} and 1383 cm^{-1}, respectively. The average particle size of the acidic, neutral and basic TiO_2NPs was 22.86±0.85, 15.83±0.902 and 13.3±0.68 nm, respectively. Basic TiO_2NPs were composed of only one crystalline phase (anatase), neutral TiO_2NPs composed of a mixture of anatase and rutile phases while acidic TiO_2NPs composed of a mixture of anatase, rutile, and brookite phases. Basic TiO_2NPs exhibited the smallest particle size with the purest crystalline phase, therefore, they are favored for further biomedical applications.

Key Words: *Aloe Vera* leaves extract, green method, metal oxide nanoparticles, x-ray diffraction

INTRODUCTION

Nanotechnology is a rapidly growing field that deals with nano-sized particles and their wide applications in almost all the fields of sciences especially biology and pharmacology (Wang *et al*., 2010; Subhapriya and Gomathipriya, 2018). Recently, there is a great interest in developing novel techniques for synthesis inorganic metal oxide nanoparticles as they were proved to have beneficial applications in physical, chemical, biological, medical, optical, mechanical and engineering sciences (Kumar *et al*., 2015). Titanium dioxide (TiO_2), also known as titania, is a white color, poorly soluble, non-flammable and thermally stable metal oxide. It is not classified as hazardous according to the United Nations (UN) Globally Harmonized System (GHS) of Classification and Labeling of Chemicals (Mishra, 2014). Moreover, it is known to be excellent photocatalyst, disinfector and antiseptic (Ju *et al*., 2013; Kotta *et al*., 2018). Titanium dioxide nanoparticles (TiO_2NPs) have attracted great attention owing to their unique optical properties, low toxicity, high chemical stability, low cost and excellent biocompatibility (McNamara and Tofail, 2017). They are one of the most important materials for cosmetics, paints, plastics, papers, inks, food coloring, toothpaste and pharmaceuticals (Santhoshkumar *et al*., 2014). TiO_2 exists in three different phases in the nano range at different temperatures, such as anatase, rutile, and brookite. Both anatase and rutile have a tetragonal crystal structure, while brookite has orthorhombic structure (Mohan *et al*., 2013).

Several methods have been employed

تخفيف تأثير الإجهاد الملحي في نبات القمح بواسطة البكتيريا المنتجة لإنزيم (ACC deaminase) والمعزولة من ريزوسفير نبات الرطريط

أشرف خليفة[2،1] و أشرف متولي[3،1] و الربعي بن عمار[4،1] و فاطمة علي فرغلي[3]

(1) قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية
(2) قسم النبات والميكروبيولوجي، كلية العلوم، جامعة بني سويف، بني سويف، جمهورية مصر العربية
(3) قسم النبات والميكروبيولوجي، كلية العلوم، جامعة أسيوط، أسيوط، جمهورية مصر العربية
(4) مخبر النباتات الطبية والعطرية، مركز البيوتكنولوجيا بالقطب التكنولوجي ببرج السدرية، حمام الانف، الجمهورية التونسية

استلام 14 مايو 2018م – قبول 14 مارس 2019م

https://doi.org/10.37575/b/agr/1988

الملخص

توجد البكتيريا المعززة لنمو النبات في منطقة الريزوسفير، وهي المنطقة الملاصقة مباشرة للمجموع الجذري للنبات. أحد الآليات المهمة التي تعزز نمو النبات بواسطة البكتيريا هو إنتاجها لإنزيم (ACC deaminase). في هذا البحث تم عزل ثلاث سلالات بكتيرية منتجة لهذا الإنزيم من ريزوسفير الرطريط المحب للملوحة، والنامي في منطقة العقير بمحافظة الأحساء. وقد تم تعريف تلك السلالات (*Bacillus filamentosus, Janibacter indicus,* and *Brevibacterium casei*) باستخدام تحديد التتابع النيوكليوتيدي للجين (16S rRNA) الريبوسومي، وتم تحديد أوضاعها التصنيفية. وقد أظهرت تلك السلالات قدرة على إنتاج إنزيم الكتاليز وإندول حمض الخليك وإذابة الفوسفات. لُوحظ أن أعلى نشاط لإنزيم (ACC deaminase) كان للسلالة (*B. filamentosus*)، تليها السلالة (*J. indicus*) ثم السلالة (*B. casei*). أظهر تلقيح حبوب نبات القمح بالسلالات المعزولة، منفردة أو مجتمعة، تحسنًا معنويًّا في النمو تحت ظروف الإجهاد الملحي. ومن هذه النتائج يمكن استنتاج أن البكتيريا المعزولة من ريزوسفير الرطريط تقلل من التأثير السلبي للإجهاد الملحي، ويمكن استخدامها كمخصب حيوي صديق للبيئة.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد اللاحيوي، البكتيريا المعززة لنمو النبات، الرطريط، القمح، الملوحة.

Sezen A, Ozdal M, Koc K, and Algur O. F. 2016. Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and their effects on improving growth of wheat. Journal of Applied Biological Sciences 10 (1): 41-46.

Shameer, S., and Prasad, T.N.V.K.V. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agricultural practices with special reference to biotic and abiotic stresses. Plant Growth Regulation. 84(3): 1-13.

Sharma, S., Kulkarni, J., and Jha, B. 2016. Halotolerant rhizobacteria promote growth and enhance salinity tolerance in Peanut. Frontiers in Microbiology. 7:1600. doi:10.3389/fmicb.2016.01600.

Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., and Gobi, T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus. 2(1): 587.

Shrivastava, P., and Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi journal of biological sciences. 22(2): 123-131.

Siddikee, M.A., Chauhan, P.S., Anandham, R., Han, G.H., and Sa, T. 2010. Isolation, characterization, and use for plant growth promotion under salt stress, of ACC deaminase-producing halotolerant bacteria derived from coastal soil. Journal of Microbiology and Biotechnology. 20(11): 1577-1584.

Sonalkar, V.V., Mawlankar, R., Ramana, V.V., Joseph, N., Shouche, Y.S., and Dastager, SG. 2015. *Bacillus filamentosus sp. nov*., isolated from sediment sample. Antonie van Leeuwenhoek. 107(2): 433-441.

Sorty, A.M., Bitla, U.M., Meena, K.K., and Singh, N.P. 2018. Role of microorganisms in alleviating abiotic stresses. pp. 115-128. *In:* Panpatte, D.G., Jhala, Y.K., Shelat, H.N., and Vyas, R.V.(Ed.) Microorganisms for Green Revolution. Springer, Singapore.

Stajković, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasuli, N., and Knezevic-Vukcevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth-promoting bacteria. Romanian Biotechnological Letters. 16: 5919-5926.

Tamura, K., Nei, M., and Kumar, S. 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. Proceedings of the National Academy of Sciences (USA) 101:11030-11035.

Verbruggen, N., and Hermans, C. 2008. Proline accumulation in plants: A review. Amino Acids. 35: 753-759.

Xiong, L., and Zhu, J.K. 2002. Salt-stress signal transduction. pp. 165-197. *In:* Scheel, D, and Wasternack, C. (Eds.) Plant Signal Transduction. Frontiers in Molecular Biology Series. Oxford University Press, Oxford.

Youssef, A., and Al-Fredan, M.A. 2008. Community composition of major vegetation in the coastal area of Al-Uqair, Saudi Arabia in response to ecological variations. Journal of Biological Sciences. 8(4): 713-721.

Zandalinas, S.I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., and Gómez Cadenas, A. 2018. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. Physiologia Plantarum. 162(1): 2-12.

Zhang, G., Ren, H., Wang, S., Chen, X., Yang, Y., Zhang, Y., and Jiang, Y. 2014. *Janibacter indicus sp. nov.,* isolated from hydrothermal sediment of the Indian Ocean. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 64(7): 2353-2357.

Zhang, G., Sun, Y., Sheng, H., Li, H., and Liu, X. 2018. Effects of the inoculations using bacteria producing ACC deaminase on ethylene metabolism and growth of wheat grown under different soil water contents. Plant Physiology and Biochemistry. 125: 178-184.

Kandowangko, N.Y., Suryatmana, G., Nurlaeny, N., and Simanungkalit, R.D.M. 2009. Proline and abscisic acid content in droughted corn plant inoculated with *Azospirillum* sp. and arbuscular mycorrhizae fungi. HAYATI Journal of Biosciences. 16(1): 15-20.

Kaya, C., Ashraf, M., Dikilitas, M., and Tuna, A.L. 2013. Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indole acetic acid (IAA) and inorganic nutrients -A field trial. Australian Journal of Crop Science. 7(2): 249-254.

Khalid A, Arshad, M., and Zahir Z.A. 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology. 96: 473-480.

Khalifa, A., and Almalki, M.A. 2015. Isolation and characterization of an endophytic bacterium, *Bacillus megaterium* BMN1, associated with root-nodules of *Medicago sativa* L. growing in Al-Ahsa region, Saudi Arabia. Annals of Microbiology. 65(2): 1017-1026.

Khalifa, A., Alsyee, A.M., Almalki, M.A., and Saleh, F.A. 2016. Characterization of the plant growth promoting bacterium, *Enterobacter cloacae* MSR1, isolated from roots of non-nodulating *Medicago sativa*. Saudi Journal of Biological Sciences. 23(1): 79-86. https://doi:10.1016/j.sjbs.2015.06.008.

Khalifa, A.Y., and Bekhet, G. 2018. First isolation and characterization of the pathogenic *Aeromonas veronii bv. veronii* associated with ulcerative syndrome in the indigenous *Pelophylax ridibundus* of Al-Ahsa, Saudi Arabia. Microbial Pathogenesis. 117: 361-368.

Konstantinidis, K.T., Ramette, A., and Tiedje, J.M. 2006. The bacterial species definition in the genomic era. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 361(1475): 1929-1940.

Kumar, S., Stecher, G., and Tamura, K. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics Aanalysis version 7.0 for bigger datasets. Molecular Biology and Evolution. 33: 1870-1874.

Mishra, J., Fatima, T., and Arora, N.K. 2018. Role of secondary metabolites from plant growth-promoting rhizobacteria in combating salinity stress. pp. 127-163. *In:* Dilfuza E., and Parvaiz, A. (Eds.) Plant Microbiome: Stress Response. Microorganisms for Sustainability. Springer, Singapore.

Nadeem, S.M., Ahmad, Z.Z., Naveed, M., and Arshad, M. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. Canadian Journal of Microbiology. 53: 1141-1149.

Orhan, F. 2016. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). Brazilian Journal of Microbiology. 47(3): 621-627.

Passari, A.K., Mishra, V.K., Gupta, V.K., Yadav, M.K., Saikia, R., and Singh, B.P. 2015. *In vitro* and *in vivo* plant growth promoting activities and DNA fingerprinting of antagonistic endophytic actinomycetes associates with medicinal plants. PLOS One. 10(9): e0139468.

Penrose, D.M., and Glick, B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiologia Plantarum. 118(1): 10-15.

Pikovskaya, R.I. 1948. Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. Microbiologiya. 17: 362-370.

Rojas-Tapias, D., Moreno-Galván, A., Pardo-Díaz, S., Obando, M., Rivera, D., and Bonilla, R. 2012. Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*). Applied Soil Ecology. 61: 264-272.

Saitou, N., and Nei, M. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution. 4: 406-425.

Sarkar, A., Ghosh, P.K., Pramanik, K., Mitra, S., Soren, T., Pandey, S., Mondal, M.H., and Maiti, T.K. 2018. A halotolerant Enterobacter sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress. Research in Microbiology. 169(1): 20-32.

Bibi, F., Strobel, G.A., Naseer, M.I., Yasir, M., Khalaf Al-Ghamdi, A.A., and Azhar, E.I. 2018. Halophytes-associated endophytic and rhizospheric bacteria: Diversity, antagonism and metabolite production. Biocontrol Science and Technology. 28(2): 192-213.

Chinnaswamy, A., Coba de la Peña, T., Stoll, A., de la Peña Rojo, D., Bravo, J., Rincón, A., Lucas, M.M., and Pueyo, J.J. 2018. A nodule endophytic *Bacillus megaterium* strain isolated from *Medicago polymorpha* enhances growth, promotes nodulation by *Ensifer medicae* and alleviates salt stress in alfalfa plants. Annals of Applied Biology. 172(3): 295-308. https://doi.org/10.1111/aab.12420.

Claus, D. 1992. A standardized Gram staining procedure. World Journal of Microbiology & Biotechnology. 8(4): 451-52.

Collins, M.D., Farrow, J.A.E., Goodfellow, M., and Minnikin, D.E. 1983. *Brevibacterium casei* sp. nov. and *Brevibacterium epidermidis* sp. nov. Systematic and Applied Microbiology. 4(3): 388-395.

Dworkin, M., and Foster J.W. 1958. Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. Journal of Bacteriology. 75(5): 592-603.

Dolatabadian, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., and Ghanati, F. 2011. Effect of salinity on growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean. Notulae Scientia Biologicae. 3(1): 41-45.

Dumičić, G., Díaz-Pérez, J.C., Sidhu, H.S., Urlić, B., Goreta Ban, S., MacLean, D., and Workman, S. 2018. Morphological and physiological changes of *Brassica oleracea Acephala* group seedlings as affected by ion and salt stress. Agriculturae Conspectus Scientificus. 82(4): 341-344.

El-Sayed, W.S., Akhkha, A., El-Nagga, M., and Elbadry, M. 2014. *In vitro* antagonistic activity, plant growth promoting traits and phylogenetic affiliation of rhizobacteria associated with wild plants grown in arid soil. Frontiers in Microbiology. 5: 651. doi: 10.3389/fmicb.2014.00651.

Egamberdiyeva, D., and Hoflich, G. 2003. Influence of growth promoting bacteria on the growth of wheat at different soils and temperatures. Soil Biology and Biochemistry. 35: 973-978.

Forni, C., Duca, D., and Glick, B.R. 2017. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. Plant and soil. 410(1-2): 335-356.

Gill, S.S., and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48(12): 909-930.

Glick, B.R., Penrose, D.M., and Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. Journal of Theoretical Biology.190: 63-68.

Gontia-Mishra, I., Sapre, S., Kachare, S., and Tiwari, S. 2017. Molecular diversity of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase producing PGPR from wheat (*Triticum aestivum* L.) rhizosphere. Plant and soil. 414: 213-227.

Gordon, S.A., and Weber, R.P. 1951. Colorimetric estimation of indole acetic acid. Plant Physiology. 26: 192-195.

Habib, S.H., Kausar, H., and Saud, H.M. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in okra through ROS-scavenging enzymes. BioMed Research International. https://doi: 10.1155/2016/6284547.

Haldar, S., Choudhury, S.R., and Sengupta, S. 2011. Genetic and functional diversities of bacterial communities in the rhizosphere of *Arachis hypogaea*. Antonie Van Leeuwenhoek. 100(1): 161-170.

Heidari, M., Mousavinik, S.M., and Golpayegani, A. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) effect on physiological parameters and mineral uptake in basil (*Ociumum basilicm* L.) under water stress. Journal of Agricultural and Biological Science. 6(5): 6-11.

Heo, S.J., Park, E.J., Lew, K.W., and Jeon, Y.J. 2005. Antioxidant activities of enzyme extracts from brown seaweeds. Bioresource Technology. 96: 1613-1623.

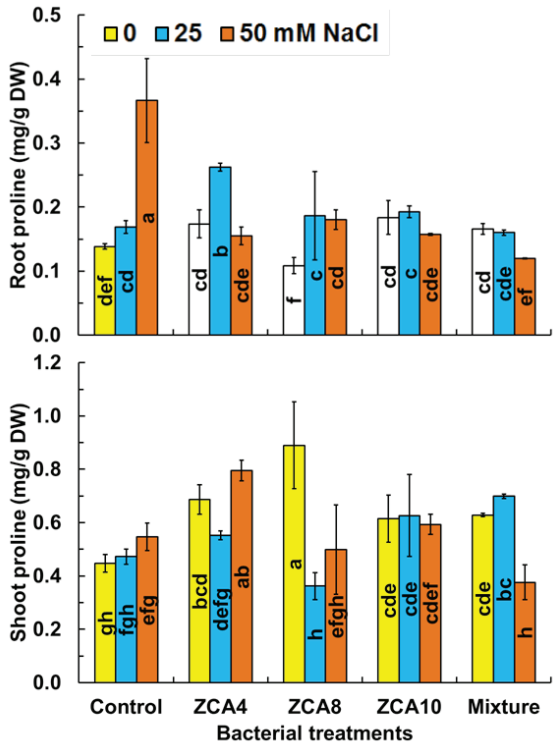


Fig. (3): Effect of NaCl and bacterial inoculation on root and shoot proline contents of 21 old wheat seedlings. Each value is the mean of three replicates and error bars represent ±standard deviation.

These results was in agreement with Nadeem *et al*. (2007), who showed that proline concentration increased due to saline stress, but decreased by PGPB treatment. The same results obtained by Kandowangko *et al*. (2009), who noticed that proline concentration increased by salt stress, but decreased due to PGPB inoculation. Also, Rojas-Tapias *et al*. (2012), found that proline content of *Zea mays* leaves increased by NaCl stress, while significantly decreased due to inoculating the plants with PGPB. Proline improves many enzymes activity, controls the cell pH and helps in detoxifying the effects of reactive oxygen species (Verbruggen and Hermans 2008).

CONCLUSIONS

This is the first report of ACC deaminase-producing rhizobacterial strains (*Bacillus filamentosus*, *Janibacter indicus*, and *Brevibacterium casei*) from the rhizosphere of the halophytic plant *Z. coccineum* growing in Al-Uqair, Al-Ahsa, Eastern region, Saudi Arabia. The results described in this study show that *Z. coccineum* roots harbor diverse bacteria that have the ability to ameliorate the negative effects of salt stress on wheat plants. However, the investigated strains should be tested with other crops to confirm the potential of these bacterial strains under salt stress. It could be concluded that multi-inoculants of PGPB have a critical role in ameliorating the negative effects of salinity stress. Thus, we recommended that seed pretreatment with PGPB may be useful as eco-friendly bio-fertilizer improving wheat growth under saline conditions.

ACKNOWLEDGMENT

The authors extend their gratitude to the Deanship of Scientific Research (DSR), King Faisal University, Saudi Arabia, for providing fund of the current work (DSR, Project No. 160059).

REFERENCES

Aly, M.M., El Sayed, H.E.A., and Jastaniah, S.D. 2012. Synergistic effect between *Azotobacter vinelandii* and *Streptomyces* sp. isolated from saline soil on seed germination and growth of wheat plant. Journal of American Science. 8(5): 667-676.

Alzahrani, D.A., and Albokhari, E.J. 2017. Systematic studies on the *Zygophyllaceae* of Saudi Arabia: A new variety and new variety combination in Tetraena. Saudi Journal of Biological Sciences. 24(7): 1574-579.

Bano, A., and Fatima, M. 2009. Salt tolerance in *Zea mays* L. following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. Biology and Fertility of Soils. 45: 405-413.

Bates, L.S., Waldorn, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-208.

Bertani, G. 2004. Lysogeny at mid-twentieth century: P1, P2, and other experimental systems. Journal of Bacteriology. 186(3): 595-600.

PGPB, but this inhibition was improved in plants treated with bacterial mixture (Figure 2). The results are in agreement with those of Bano and Fatima (2009), who showed that salt stress reduced root and shoot dry weights of *Zea mays* plants untreated with PGPB, while PGPB enhanced the growth. Egamberdieva and Hoflich (2003) observed that wheat plants inoculated with a mixture of *P. chlororaphis* and *P. extremorientalis* increases shoot dry weight under salt stress conditions. In addition, Stajković *et al*. (2011) reported that inoculation of bean plant with a mixture of *Rhizobium*, *Pseudomonas* spp., and *Bacillus* spp. improved shoot dry weight.

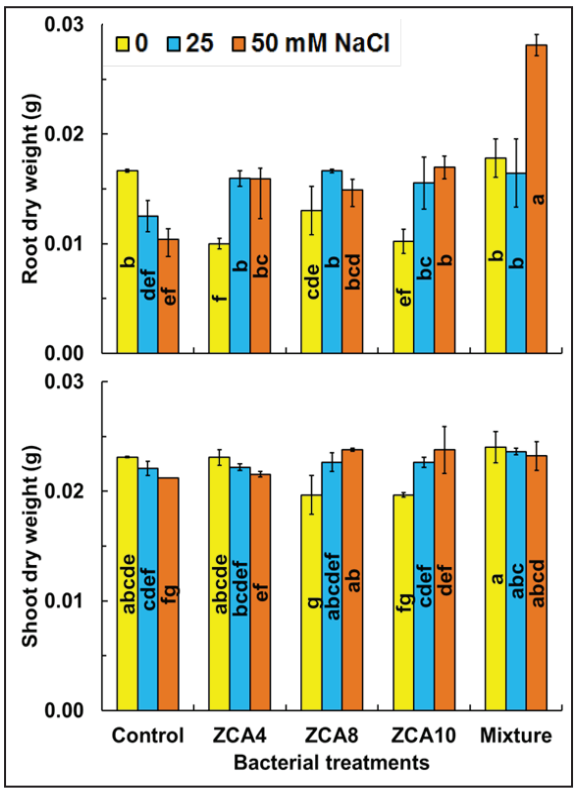


Fig. (2): Effect of NaCl and bacterial inoculation on root and shoot dry weights of 21 old wheat seedlings. Each value is the mean of three replicates and error bars represent ±standard deviation.

The inhibitory effect of salinity on plant growth is a result of reduced water absorption and nutrient uptake by the root system (Dolatabadian *et al*. 2011). Competition among Na^+ and Cl^- and essential nutrients, as N, Mg, and K, is another reason for the negative effects of NaCl stress on plants, as suggested by Heidari *et al*. (2011). In addition, Xiong and Zhu (2002) reported that salinity inhibits phytohormones synthesis and cell wall formation. Production of phytohormones, ACC deaminase, and antoxidant activity are three observed plant growth improvement mechanisms by PGPB. As shown in (Table 1), maximum ACC deaminase enzyme and IAA production was observed in isolate ZCA10, while the maximum antioxidant activity was reported in isolate ZCA4. Orhan (2016), reported that IAA secreted under salt stress by other halotolerant and halophytes species of PGPR, which improved root and shoot length and fresh biomass of the wheat plants. PGPR increased the antioxidants in plants compared to uninoculated plants. Also, in okra plant, Habib *et al*. (2016) reported that inoculation of plants with ACC deaminase-containing PGPR increased root and shoot biomass compared to uninoculated plants under salinity stress.

Under abiotic stresses, like salt stress and drought, plants protect themselves by inducing osmotically-active metabolites. Proline is one these osmolites, which accumulates in plant tissues in response to stress. In this experiment, 50 mM NaCl caused a significant increase in proline concentration in roots, while PGPB modulated this high concentration to a similar level of the absolute control plants. Interestingly, PGPB increased proline accumulation in shoots of unstressed plants. This is might be because proline concentration of tissues and plant organs are regulated by several interplaying factors as biosynthesis, degradation of proline rich proteins and intra/intercellular transport processes. In plants treated with 50 mM NaCl, proline concentration increased significantly in strain ZCA4, while decreased in plants treated with bacterial mixture (Figure 3). PGPB were reported to alleviate the negative effects of environmental stresses by different mechanisms, so multi-inoculants should have high efficiency than single inoculant, which means that PGPB working synergistically.

% identities with those of *B. filamentosus* SGD-14^T (KF265351), *J. indicus* 0704P10-1^T (HM222655), and *B. casei* NCDO 2048^T (X76564), respectively. The 16S rRNA gene sequences of the bacterial strains have been deposited in NCBI GenBank. Accession numbers are given in Table 1. A neighbor-joining phylogenetic tree constructed using the 16S rRNA gene sequences of closed related species revealed the taxonomic position of our strains (Figure 1). ZCA4 clearly grouped with members of *Firmicutes* and *Bacillaceae*, whereas both ZCA8 and ZCA10 clustered with *Intrasporagiaceae* and *Brevibacteriaceae*, respectively. The latter two families are members of *Actinobacteria*. These findings show the diversity of rhizobacteria associated with *Z. coccineum.* Similarly, it has recently been reported that taxonomically-diverse plant growth-promoting rhizobacteria, including members of *Actinobacteria* and *Firmicutes*, are associated with roots of *Zygophyllum qatarense* and other halophytic plant species (Bibi *et al.,* 2018).

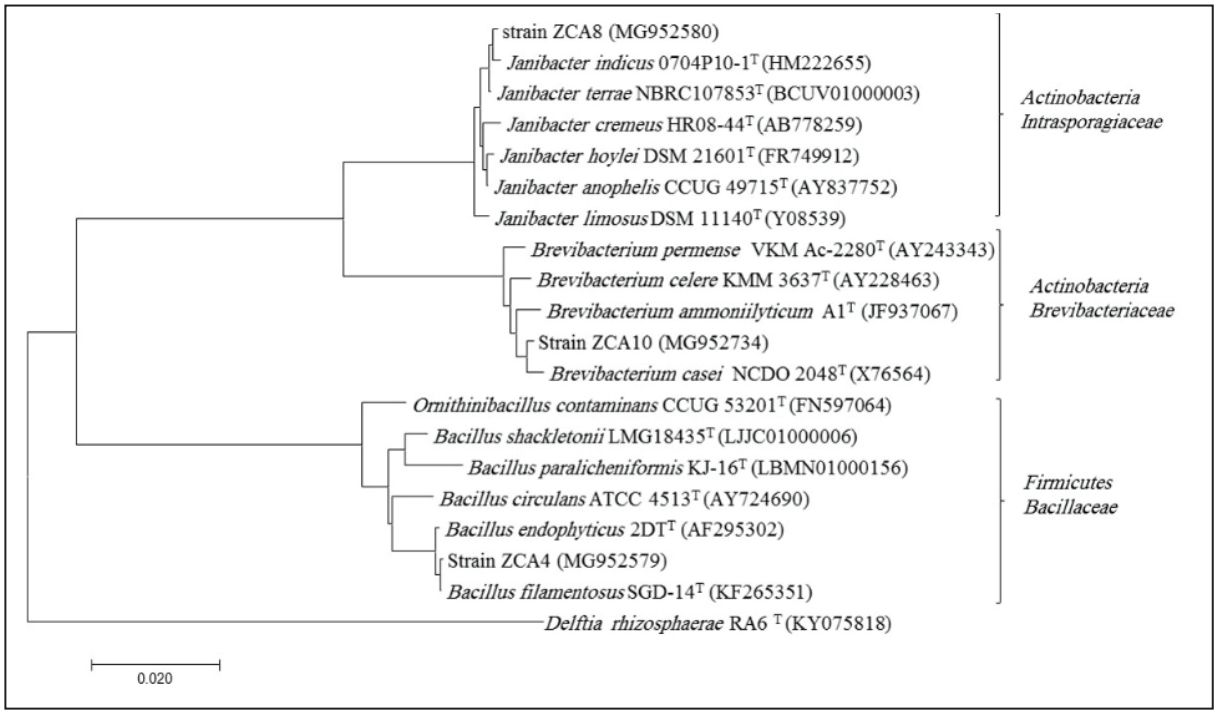


Fig. (1): Phylogenetic analysis of several bacterial strains based on 16S rRNA gene sequences.
The phylogenetic tree was constructed using the neighbor-joining method. The optimal tree with the sum of branch length = 0.29 is shown.

Inoculation of wheat grains with PGPR under different salt concentrations

In the present study, root dry weight of wheat plants reduced significantly in both treatments of NaCl. PGPR under salt stress significantly improved the root dry weights in all bacterial treatments, especially in the plants treated with mixture of the three bacterial strains at 50 mM NaCl, which increased to 169% compared to absolute control plants. In plants without NaCl and treated with the isolated PGPB, there was a significant reduction in root dry biomass, except in case of bacterial mixture treatment (Figure 2). The same negative effect was reported by Sezen et. al. (2016), who noticed that some isolates of PGPB inhibited some growth parameters of wheat plant when seeds subjected to these isolates individually. This negative effect on some growth parameters might be due to production of some kind of phytotoxins that affect the growth of inoculated plants negatively (Khalid *et al*, 2004). In shoots, only high dose of NaCl caused a significant inhibition in shoot dry weight of wheat plants untreated with

triphosphate highlighted the bacterial capabilities for phosphate solubility. These observations are consistent with those of Khalifa and AlMalki (2015) and Sharma *et al.* (2013), who confirmed phosphate (P) solubility of rhizobacteria from *Bacillu*s species and actinobacteria, respectively. Despite its abundance in soil in both organic and inorganic forms, P is biologically unavailable for plant roots because it is mostly present as insoluble complexes (Sorty *et al.,* 2018). This limits plant growth and productivity. Nonetheless, many microbial spp. in soil do solubilize P complexes efficiently via production of acids and/or phytases (Sorty *et al.,*2018), and hence P can be easily absorbed by roots of plants to sustain growth and productivity.

ACC deaminase activity of the isolated strains

ACC deaminase activity of the bacterial strains are presented in Table 1. Strain ZCA8 displayed a higher ACC deaminase activity (155.2±4.02 nmol α-ketobutyrate mg^{-1} h^{-1}) than ZCA4 (65.77±12.45 nmol α-ketobutyrate mg^{-1} h^{-1}), but lower than ZCA10 (448.56±0.08 nmol α-ketobutyrate mg^{-1} h^{-1}). These activities are in general much lower than those reported for *B. epidermidis* RS448 (4.9 µmol α-ketobutyrate mg h^{-1}), *B. licheniformis* RS656 (3 µmol α-ketobutyrate mg h^{-1}) (Siddikee *et al.,* 2010), and *B. megaterium* (Chinnaswamy *et al.,*2018), highlighting the large difference in ACC deaminase activity between bacterial strains. It has been reported that a bacterium can promote plant growth with an ACC deaminase activity as low as 0.02 µmol α-ketobutyrate mg^{-1} h^{-1} (Penrose and Glick 2003).

Catalase activity of the isolated strains

Cultures of strains ZCA4, ZCA8, and ZCA10 showed gas bubbles when flooded with drops of hydrogen peroxide, indicating catalase production (Table 1). Catalase as an antioxidant enzyme plays an important role in protecting cells from damages caused by highly reactive oxygen species (ROS), such as hydrogen peroxide, hydroxyl and superoxide radicals that are released particularly under salinity stress (Gill and Tuteja 2010). Such ROS easily attack vital molecules such as proteins, DNA, and lipids (Gill and Tuteja 2010). Our strains could confer tolerance against salinity stress to plants via production of catalase. Our findings on catalase activities are consistent with previous reports, in which diverse halotolerant bacteria with catalase production enhanced plant growth under salinity stress conditions (Sharma *et al.,* 2016).

Antioxidant activity of the isolated strains

The DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical scavenging assay was used to estimate the antioxidant activity of the isolated bacterial strains, and the results obtained are presented in Table 1. The maximum scavenging potential of the corresponding cell-free extract was observed for the strain ZCA4 (58.35 %), followed by strains ZCA10 (18.4 %) and ZCA8 (10.6 %). The antioxidant activity of the positive control, ascorbic acid, was 85.5 %. Antioxidant activities of bacteria confer plant resistance to salt stress via eliminating ROS. These findings are consistent with those obtained by other researchers, who reported growth enhancement of rice seedling under salt stress when inoculated with a halotolerant bacterium, *Enterobacter* sp., via antioxidant activity (Sarkar *et al.,* 2018). It has been reported that abiotic stress such as salinity leads to production of excessive amounts of ROS in plant tissues (Zandalinas *et al.,* 2018).

Phylogenetic analysis of the isolated strains using 16S rRNA gene sequences

Comparative analysis of the 16S rRNA gene is a reliable tool not only for bacterial identification but also for revealing phylogenetic relationships. Strains ZCA4 (MG952579), ZCA8 (MG952580), and ZCA10 (MG952734) exhibited 16S rRNA gene sequences with 99.9 %, 99.7 %, and 99.4

for *B. filamentosus* SGD-14^T (Sonalkar *et al.,*2015), *J. indicus* 0704P10-1^T (Zhang *et al.,*2014), and *B. casei* NCDO 2048 (CMD1) (Collins *et al.,*1983). However, some differences do exist between our strains and the relevant type strains. For example, unlike SGD-14^T, strain ZCA4 consumed α-D-lactose and D-cellobiose and grew well in high concentrations of NaCl (12 %). Additionally, 0704P10-1^T tolerated lower NaCl concentrations (7 %) than ZCA8. These differences could be attributed to the presence or absence of specific genes that allow the strain to cope with diverse ecological niches. Consistent with this hypothesis, whole genome analysis showed that strains within the same bacterial species can have differences in functional genes (Konstantinidis *et al.,* 2006). All strains reacted positively to the following testers: D-raffinose, α-D-glucose, D-sorbitol, gelatin, pectin acid, D-trehalose, β -methyl-D-glucoside, D-galactose, myo-inositol, L-arginine, D-gluconic acid, L-lactic acid, β-hydroxy- D-,L- butyric acid, D-cellobiose, D-salicin, 3-methyl glucose, glycerol, L-aspartic acid, D-glucuronic acid, citric acid, α-keto-butyric acid, gentiobiose, N-acetyl-D-glucosamine, D-fucose, D-glucose- 6-PO4, L-glutamic acid, glucuronamide, α-keto-glutaric acid, acetoacetic acid, sucrose, N-acetyl-b- D-mannosamine, L-fucose, D-fructose- 6-PO4, L-histidine, mucic acid, D-malic acid, propionic acid D-aspartic acid, L-pyroglutamic acid, ouinic acid, L-malic acid, acetic acid, stachyose, N-acetyl neuraminic acid, D-saccharic acid, formic acid, 1% NaCl, 1% sodium lactate, aztreonam, pH 6, 4% NaCl, lithium chloride, sodium butyrate, 8% NaCl, p-hydroxy- phenylacetic acid, tween 40, dextrin, α- D-lactose, D -mannose, D-mannitol, glycyl-L-proline, L-galacturonic acid, methyl pyruvate, γ -amino-butryric acid, D-maltose, D-melibiose, D-fructose, D-arabitol, L-alanine, L-galactonic acid, lactone, D-lactic acid methyl ester and α-hydroxy- butyric.

Production of IAA by the isolated strains

IAA is known to enhance root elongation and production of lateral roots and root hair, enabling plants to appropriately access nutrients and water in the soil. IAA also increases the amount of exudate secretion by plant roots via loosening of plant cell walls. This favors the colonization of roots by other PGPRs (Forni *et al.,* 2017). Additionally, IAA enhances the activity of ACC synthetase, an enzyme responsible for ACC production, which can be used as a nitrogen source (Glick *et al.,* 1998). The isolated bacterial strains, ZCA4, ZCA8 and ZCA10, produced the plant growth-promoting hormone IAA at a concentration of 1.7, 2.2, and 5.5 µg mL^{-1}, respectively, when tryptophan (0.1 µg mL^{-1}) was added to the growth medium (Table 1). Results similar to those of ZCA4 have been reported for *Bacillus* strains (produced 1.5 µg mL^{-1}) obtained from rhizosphere of *Arachis hypogaea* (Haldar *et al.,* 2011). These results are much lower than those recorded by Passari *et al.,*(2015), who described that 14 actinomycetes strains obtained from seven medicinal plants produced IAA (10–32 µg mL^{-1}). However, in the same study, a few strains did not show any IAA production. Many *Bacillus* spp. have been reported to produce IAA at a concentration higher that that reported in our study. For example, *Bacillus megaterium* obtained from root-nodules of *Medicago sativa* growing in Al-Ahsa produced 40 µg mL^{-1} IAA (Khalifa and Almalki 2015). The ameliorative effect of IAA on salt-stressed plants could be achieved by reducing electrolyte leakage via maintaining cell membrane integrity (Kaya *et al.,* 2013).

Phosphate solubilization by the isolated strains

The three bacterial strains were assessed for their ability to solubilize phosphate using a previously described qualitative method (Pikovskaya 1948) and the results are shown in Table 1. Unlike, ZCA8 and ZCA10, ZCA4 gave a positive result. The appearance of a clear zone around each colony grown on Pikovskaya agar supplemented with calcium

Table 1, cont.

	B. filamentosus ZCA4	*J. indicus*, ZCA8	*Br. casei* ZCA10
Phosphate solubilization	+	-	-
Catalase	+	+	+
Biochemical characteristics** using the Biolog Gen III microplate			
D-Turanose	/	+	+
N-Acetyl-D-galactosamine	/	+	+
L-Rhamnose	/	+	+
D-Serine	-	+	+
L-Serine	+	+	+
Bromo-succinic acid	-	+	+
Formic acid	+	+	+
Troleandomycin	-	+	-
Lincomycin	-	+	-
Vancomycin	-	+	+
Nalidixic acid	/	+	+
Rifamycin SV	-	+	-
Guanidine HCl	/	+	+
Tetrazolium violet	-	+	/
Lithium chloride	+	+	+
Sodium butyrate	+	+	+
pH 5	-	/	/
NaCl (8 %)	+	+	+
D-Serine	-	+	+
Minocycline	-	+	-
Niaproof 4	-	-	/
Potassium tellurite	+	/	+
Sodium bromate	-	+	/

+: Good growth, /: Weak growth and - : No growth. **: Only discriminatory characteristics are mentioned.

Phenotypic characteristics of the isolated strains

The biochemical and physiological characteristics of the isolated bacterial strains were obtained using the Biolog Gen III microtest system (Table 1). Strains ZCA4, ZCA8, and ZCA10 gave positive results in the majority of testers, 75 (79.79 %), 89 (94.68 %), and 84 (89.36 %), respectively, out of the 94 investigated traits (Table 1). Furthermore, weak growth was observed in up to five testers, and the strains were unable to grow in 3 – 14 testers. All bacterial strains displayed a good growth on a wide spectrum of carbon and nitrogen sources such as D-raffinose, D-maltose, pectin, L-aspartic acid, L-histidine and gelatin (Table 1). The strains grew in the presence of the maximum salt concentrations examined in the microtest station 8 % NaCl, potassium tellurite, lithium chloride, and at pH 6. In contrast, no strain was able to grow in the presence of tetrazolium blue (a dye) or of the antibiotic fusidic acid. Unlike the other two strains, ZCA8 exhibited resistance to the antibiotics troleandomycin, lincomycin, vancomycin, rifamycin SV, and minocycline, highlighting a potential intrinsic antibiotic resistance. Only ZCA4 was unable to metabolize bromo-succinic acid and D-serine. ZCA10 showed a weak growth on Niaproof 4, unlike the other two strains. These testers can be used to easily differentiate between the strains.

The observation that ZCA4 consumed an array of different carbon and nitrogen sources is in general agreement with that reported

different factors; concentrations of NaCl (25, 50 mM) and bacterial strain) in completely randomized design was performed using bacteria treated with three concentrations of NaCl (0, 25, and 50 mM). Inoculated grains were grown in plastic pots filled with 0.5 kg sterilized soil (1 clay: 1 sand ratio) in a growth chamber at 22 ºC, 50 % relative humidity, and 14 h photoperiod. Appropriate plant controls without added salt or bacteria were used. Experiments were performed in triplicate.

Physiological parameters. After 3 weeks, root and shoot dry weights were determined, and the dried tissues were used for biochemical analyses including estimation of free proline content.

Estimation of free proline content

Free proline accumulation was determined in roots and shoots according to the methods described earlier (Bates *et al.* 1973). Spectrophotometric absorbance was determined at 520 nm, with toluene serving as blank. The concentration of proline was calculated from a standard curve of L-proline and expressed as mole proline mg^{-1} DW.

Statistical design and analysis

Experiments were set up in a completely randomized design. Data were statistically analyzed using CoStat version 6.303 1998-2004 CoHort software (798 Lighthouse Ave PMP 320, Monterey, CA, 93940, USA). Analysis of variance (ANOVA) was performed to compare results. Least significance difference (LSD) test was used to compare the means at 5% significance level.

RESULTS AND DISCUSSION

Three different bacterial strains (ZCA4, ZCA8, and ZCA10) were obtained from the rhizosphere of the halophytic plant *Z. coccineum*, using a medium enriched with ACC. The strains were characterized based on phenotype, genotype and plant growth-promoting traits. The morphological and biochemical characteristics of the strains are shown in Table 1. All bacterial strains formed circular colonies with a continuous edge and were Gram-positive rods except ZCA8 which was ovoid-shaped. ZCA4 was an endospore-forming bacterium. These observations are in agreement with those of *Bacillus filamentosus* SGD-14^T (Sonalkar *et al.,* 2015), *Janibacter indicus* 0704P10-1^T (Zhang *et al.,*2014), and *Brevibacterium casei* NCDO 2048 (CMD1) (Collins *et al.,*1983).

Table (1): Morphological and biochemical characteristics of the bacterial strains isolated from rhizosphere *Z. coccineum*.

	B. filamentosus ZCA4	*J. indicus*, ZCA8	*Br. casei* ZCA10
Morphological characteristics			
Colony	Circular, slimy with entire edges	Circular, opaque, smooth, convex	Circular, opaque, smooth, convex
Pigmentation	Pale orange	Cream	Gray-white
Gram staining	Positive	Positive	Positive
Cell	Rod-shaped in filamentous chains	Ovoid-shaped	Rod-shaped
Endospore	Endospore-forming	Non-endospore-forming	Non-endospore-forming
Plant growth-promoting traits			
ACC deaminase (nmole α- ketobutyrate mg^{-1} h^{-1})	65.77±12.45	155.18±4.02	448.56±0.08
IAA production (µg ml^{-1})	1.77±0.42	2.19±0.39	5.49±0.39
Antioxidant activity using DPPH assay (%)	58.4±3.13	10.6±0.82	18.4±1.22

screw-capped test tubes (13x100mm) at 4 ºC and maintained by further subculturing on fresh slants every 3-4 weeks for further use.

Morphological characteristics

Colony morphology of the bacterial isolates obtained was evaluated, and Gram staining was performed as previously described (Claus 1992).

Phenotypic characteristics

Bacterial strains were phenotypically characterized using the Biolog Gen III microtest system (Biolog, USA) following the manufacturer instructions.

Plant growth-promoting activities

Production of indole acetic acid (IAA). Bacterial strains were assayed for the production of IAA using the Salkowski reagent (Gordon and Weber 1951) as described earlier (Khalifa and Almalki 2015).

Solubilization of phosphate. The ability of bacterial strains to solubilize inorganic phosphate was tested on Pikovskaya agar as previously described (Pikovskaya 1948). The strains were grown on Pikovskaya agar containing tribasic calcium phosphate as the source of phosphate. The plates were incubated at 30°C for 72 h. The appearance of clear zones around bacterial colonies were considered a positive result.

Production of ACC deaminase. The ability of bacterial strains to produce ACC deaminase was tested following the method described by Penrose and Glick (2003). AAC activity of the bacterial strains was estimated from a standard curve using alfa ketobutyrate.

Production of catalase. Catalase production was assayed qualitatively by adding two drops of 5 % hydrogen peroxide to 50 µL of an actively growing bacterial culture of each strain. The appearance of gas bubbles was considered a positive result.

Antioxidant activity assays

Bacterial strains were grown in 250 mL flasks containing 50 mL of LB medium(per litre): 10 g peptone, 5 g yeast extract, 5 g sodium chloride (Bertani 2004) and incubated at 30 °C with shaking (150 rpm) for 24 h. After incubation, cell-free extracts were obtained by centrifugation of bacterial cultures at 4,000 x *g*, for 10 min at 4 °C. Antioxidant activities of the bacterial strains were estimated according to a previously described method (Heo *et al.,* 2005). Free radical scavenging activity was calculated from the equation [Absorbance (A) control – A sample/A control] × 100 and expressed as a percentage.

Identification of bacterial strains using 16S rRNA sequencing

Identification of the bacterial strains was carried out using the comparative sequence analysis of the 16S rDNA gene. Genomic DNA extraction, primers used, PCR conditions, and sequencing were performed as previously described (Khalifa and Bekhet 2018).

Phylogenetic analyses

The evolutionary history of the bacterial strains was obtained using the neighbor-joining method (Saitou and Nei 1987). Computation of the evolutionary distances was carried out using the maximum composite likelihood method (Tamura *et al.,* 2004) and MEGA v. 7 software (Kumar *et al.,* 2016).

Inoculation of wheat grains with PGPR under different salt concentrations

Pot experiment set-up. Healthy wheat grains (*Triticum aestivum* L.) were obtained from local markets and surface-sterilized. Bacterial inocula were prepared as described earlier (Gontia-Mishra *et al.,* 2017) with the following modifications. For single inoculation, 5 surface-sterilized wheat seeds were treated with 3×10^6 CFU mL^{-1} bacterial suspension of the desired strain for 24 h under aseptic conditions. For co-inoculation (1:1:1), 1 mL of each of the three bacterial strains was mixed and used for inoculation of wheat grains. Factorial experiments (two

exposed to oxidative stress, ion toxicity, and osmotic stress, which adversely affect the morphology, physiology, and productivity of plants (Dumičić *et al.,* 2018). The use of rhizobacteria expressing ACC deaminase has become a promising approach owing to the dual beneficial roles of enhancing plant growth and ameliorating negative effects of salinity (Sarkar *et al.,* 2018). It has been recently reported that *Bacillus megaterium*, a nodule endophytic bacterium obtained from *Medicago polymorpha*, increases nodulation induced by the compatible microsymbiont, *Ensifer medicae*, and ameliorates salinity constraints on alfalfa (Chinnaswamy *et al.,* 2018).

Zygophyllum coccineum is a perennial herb with erect and branched stems and two-foliated leaves. Taxonomically, it belongs to the flowering plant family Zygophyllaceae, which is widely distributed in arid and semiarid regions. In Saudi Arabia, it grows across different regions such as Al Taif and Al-Ahsa (Alzahrani and Albokhari, 2017). *Z. coccineum* was reported to be abundant along the coastal strip of Al-Uqair (Youssef and Al-Fredan 2008). In addition, plant growth-promoting rhizobacteria (e.g., *Bacillus*, *Enterobacter*, and *Pseudomonas*) have been isolated from some members of the *Zygophyllaceae* family (including *Z. simplex*) growing in the Al Taif region, and exhibited antagonistic activities against certain phytophaogens such as *Fusarium oxysporum*, and *Sclerotinia sclerotiorum* (El-Sayed *et al.,*2014).

Although several reports highlighted the benefits of rhizobacteria (Bibi *et al.,* 2018, Khalifa and Almalki 2015, and Khalifa *et al.,* 2016), a few reports investigated rhizobacteria in association with halophytes, particularly in the Al-Ahsa District. For example, rhiozbacteria associated with roots and root-nodules of *Medicago sativa* growing in Al-Ahsa region, enhanced growth of some grain legumes such as *Pisum sativum* (Khalifa and Almalki 2015, and Khalifa *et al.,* 2016). A few reports of ACC deaminase-producing PGPRs isolated from Al-Ahsa District, or the ability of native PGPRs to promote plant growth or ameliorate salt stress effects. It has been reported that *Azotobacter* and *Streptomyces* obtained from rhizospheric soil of wheat roots, grown under elevated levels of salinity, west of Saudi Arabia, improved seed germination and growth of wheat plant under salt stress (Aly *et al*., 2012). Little is known about ACC deaminase-producing rhizobacteria in the rhizosphere of *Z. coccineum*. The goal of the current work was, therefore, to isolate, characterize, and identify ACC deaminase-producing rhizobacteria from the rhizosphere of *Z. coccineum*, a halophytic plant found in Al-Uqair, Al-Ahsa, and assess their roles in alleviating salt stress effects on wheat, an important economic cereal crop.

MATERIALS AND METHODS

Collection of *Z. coccineum* plants

Z. coccineum plants were uprooted and collected along with rhizospheric soils from Al-Uqair coast (25°39'35.8"N 50°11'25.6"E), Al-Ahsa, Saudi Arabia, in May, 2015. Soil characteristics and floristic composition of Al-Uqair were previously described (Youssef and Al-Fredan 2008). Breifly, the soil texture is sandy, the climate is tropical and arid, 29 different plant species including *Z. coccineum,* were reported (Youssef and Al-Fredan 2008). In the laboratory, 1 g rhizospheric soil of *Z. coccineum* was mixed with 50 mL of salt minimal medium DF salts with 3mM ACC as a sole nitrogen source (Dworkin and Foster 1958). Soil-inoculated 250-ml flasks were incubated in dark at 30 ºC, on a rotary shaker at 150 rpm, for 5 days. After the incubation period, aliquots (100 µL) from the obtained cultures were streaked onto salt minimal agar plates containing 0.5 % ACC and incubated at 30 ºC for 5 days. Pure colonies were re-streaked onto fresh agar plates. Obtained isolates were preserved by growing in soyatrptic broth for 24h then aliquots were transferred to sterilized 1.5 ml cryovial in 15 % glycerol as a final concentration, at -80 ºC. Aliquots of the cultures were stored in slant

ACC Deaminase-Containing Rhizobacteria from Rhizosphere of *Zygophyllum coccineum* Alleviate Salt Stress Impact on Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Ashraf Y. Z. Khalifa[1,2], Ashraf Metwally[1,3], Rebai Ben Ammar[1,4], Fatma Aly Farghaly[3]

(1) Biological Sciences Department, College of Science, King Faisal University, Saudi Arabia
(2) Botany and Microbiology Department, Faculty of Science, University of Beni-Suef, Egypt
(3) Botany and Microbiology Department, Faculty of Science, Assiut University, Assiut, Egypt
(4) Laboratory of Aromatic and Medicinal Plants, Center of Biotechnology of Borj-Cedria, Hammam-Lif, Tunisia.

Received 14 May 2018 - Accepted 14 March 2019

https://doi.org/10.37575/b/agr/1988

ABSTRACT

Plant growth-promoting bacteria are present in the rhizosphere, a soil zone around plant roots. An important mechanism of plant growth enhancement is the production of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase. Three ACC deaminase-producing bacterial strains were isolated from the rhizosphere of the halophytic plant *Zygophyllum coccineum* growing in Al-Uqair, Al-Ahsa, Saudi Arabia. The strains were identified as *Bacillus filamentosus*, *Janibacter indicus*, and *Brevibacterium casei* based on 16S rRNA sequence, and their taxonomic position was determined. Furthermore, the strains exhibited catalase and indoleacetic acid production and phosphate solubilization. The highest ACC deaminase activity was observed in *B. filamentosus* (~ 449 nmole α- ketobutyrate mg^{-1} h^{-1}), followed by *J. indicus* and *B. casei* (~ 66 nmole α- ketobutyrate mg^{-1} h^{-1}). Inoculation of wheat grains with each strain significantly enhanced growth. *Z. coccineum* rhizosphere harbors growth-promoting bacteria and ameliorated the negative effects of salt stress on wheat plants and may be used as an eco-friendly biofertilizer.

Key Words: Abiotic stress, Plant growth promoting bacteria, Salinity, Wheat, *Zygophyllum coccineum*

INTRODUCTION

The soil zone around plant roots, known as the rhizosphere, contains diverse microbial groups that significantly interact with roots. It is rich in nutrients secreted by plant roots that favor growth of different microbial groups. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) are found in the rhizosphere attached to plant roots and within plant tissues, and play pivotal roles in plant growth enhancement via direct and indirect mechanisms (Shameer and Prasad, 2018). Iron sequestration, plant hormone production, nitrogen fixation and phosphate solubilization are direct mechanisms for plant growth enhancement. Examples of the indirect mechanisms are antibiosis against microbial phytopathogens and improvement of abiotic stresses such as salt stress (Shameer and Prasad, 2018; Mishra, *et al.,*2018)

An important mechanism of PGPR-mediated plant growth enhancement is the production of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase, which deaminases ACC, a precursor of ethylene in plants, and thereby reduces the ethylene content. Different bacterial groups inhabiting rhizospheric soil commonly consume ACC as the sole source of nitrogen. *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia phytofirmans*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Klebsiella*, *Serratia, Enterobacter* and *Microbacterium* are examples of ACC deaminase-containing bacterial species that have been reported to promote growth of different plants species (e.g., *Brassica napus* (canola), *Oryza sativa* (rice), and *Triticum aestivum* (wheat) (Sarkar *et al.,* 2018, Zhang *et al.,* 2018, Shameer and Prasad, 2018; Mishra, *et al.,* 2018).

Salinity is an important obstacle limiting agricultural production and expansion of cultivated areas, which affects most areas of Saudi Arabia and other arid regions. High salinity levels in irrigation waters, inefficient drainage, and elevated evaporation rates created by high temperatures are the main causes of soil salinity (Shrivastava and Kumar 2014). Plants under salt stress are

الانحلال الحراري بواسطة التحليل الحركي لمادة ممتزجة من ثلاثية الطور (PVA / ZnO / LiCl)

عبد الله فيصل محمد النعيم

قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الملك فيصل

الأحساء، المملكة العربية السعودية

استلام 28 نوفمبر 2018م - قبول 10 ديسمبر 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2025

الملخص

تمت دراسة حركية الانحلال الحراري للبولي (فينيل كحول) (PVA) ومزيجها عند نسبة وزن مختلفة من الجسيمات النانوية ZnO وLiCl كمحرر تشابك لسلسلة الـ PVA بواسطة القياس الحراري (TGA) وقد خضعت البيانات المتحصل عليها لتحليل حراري غير متساوي التحليل الحراري للعينات عند معدلات تسخين 5 و 10 و 20 و 30 و 40 و 50 درجة مئوية\دقيقة، تم حساب طاقة التنشيط من التحلل الحراري وآلياتها باستخدام نماذج كيسنجر، فلين، وول، أوزاوا وكوت ريدفرين. بشكل عام، أظهرت جميع النماذج موثوقيتها لوصف الانحلال الحراري للعينات. تظهر النتائج انخفاض الثبات (الاستقرار) الحراري PVA في وجود الجسيمات النانوية ZnO ، أيضا، الجسيمات النانوية ZnO تُغيِّر آلية التحلل من انتشار في بعد واحد إلى التنوي العشوائي مع واحد أو اثنين من النواة على الجسيمات الفردية. ومع ذلك، يظهر الملح LiCl آثارًا طفيفة في قيم طاقات التنشيط والتأثير في منحنيات TGA.

الكلمات المفتاحية: بولي (فينيل الكحول)، تدهور (التحلل) حراري، جسيمات متناهية الصغر، الاستقرار الحراري، ثلاثي الطور، المعبئات.

Sengupta, J., Sahoo, R. K., Bardhan, K. K., and Mukherjee, C. D. 2011. Influence of annealing temperature on the structural, topographical and optical properties of sol-gel derived ZnO thin films. Materials Letters. 65: 2572–2574.

Shannon, R. 1976. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. Acta Crystallographica Section A. 32: 751–767.

Sreedhar, B., Sairam, M., Chattopadhyay, D. K., Rathnam, P. A. S., and Rao, D. V. M. 2005. Thermal, mechanical, and surface characterization of starch-poly(vinyl alcohol) blends and borax-crosslinked films. Journal of Applied Polymer Science. 96: 1313–1322.

Sreedhar, B., Chattopadhyay, D. K., Karunakar, M. S. H., and Sastry, A. R. K. 2006. Thermal and surface characterization of plasticized starch polyvinyl alcohol blends crosslinked with epichlorohydrin. Journal of Applied Polymer Science. 101: 25–34.

Wang, G., Lu, X., Ling, Y., Zhai, T., Wang, H., Tong, Y., and Li, Y. 2012. LiCl/PVA gel electrolyte stabilizes vanadium oxide nanowire electrodes for pseudocapacitors. ACS Nano. 6: 10296–10302.

Wang, Q. F., Wang, L., Zhang, X. W., and Mi, Z. T. 2009. Thermal stability and kinetic of decomposition of nitrated HTPB. Journal of Hazardous Materials. 172: 1659–1664.

Weast, R. C. 1989. CRC Handbook of Chemistry and Physics. 70th edition. CRC Press, Boca Raton, FL.

Zhang, L.-Z., Wang, Y.-Y., Wang, C.-L., and Xiang, H. 2008. Synthesis and characterization of a PVA/LiCl blend membrane for air dehumidification. Journal of Membrane Science. 308: 198–206.

Zhou, X. Y., Jia, D. M., Cui, Y. F., and Xie, D. 2009. Kinetics analysis of thermal degradation reaction of PVA and PVA/starch blends. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 28: 2771–2780.

Alexy, P., Káchová, D., Kršiak, M., Bakoš D., and Šimková, B. 2002. Poly(vinyl alcohol) stabilisation in thermoplastic processing. Polymer Degradation and Stability. 78: 413–421.

Anis, A., Banthia, A. K., and Bandyopadhyay, S. 2008. Synthesis and characterization of polyvinyl alcohol copolymer/ phosphomolybdic acid-based crosslinked composite polymer electrolyte membranes. Journal of Power Sources. 179: 69–80.

Baraker, B. M., and B. Lobo. 2018. Multistage thermal decomposition in films of cadmium chloride-doped PVA–PVP polymeric blend. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 134: 865-878

Coats, A. W., and Redfern, J. P. 1964. Kinetic Parameters from Thermogravimetric Data. Nature. 201: 68–69.

Godovsky, D. Y. 2000. Device Applications of Polymer-Nanocomposites. pp 163–205. Biopolymers· PVA Hydrogels, Anionic Polymerisation Nanocomposites. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Jiang, X., Li, H., Luo, Y., Zhao, Y., and Hou, L. 2016. Studies of the plasticizing effect of different hydrophilic inorganic salts on starch/ poly (vinyl alcohol) films. International Journal of Biological Macromolecules. 82: 223–230.

Jin, Y., Diniz da Costa, J. C., and Lu, G. Q. 2007. Proton conductive composite membrane of phosphosilicate and polyvinyl alcohol. Solid State Ionics 178: 937–942.

Kissinger, H. E. 1956. Variation of peak temperature with heating rate in different rate in differential thermal analysis. Journal of Research of the National Bureau of Standards. 57: 217–221.

Kissinger, H. E. 1957. Reaction kinetics in differential thermal analysis. Analytical Chemistry. 29: 1702–1706.

Krumova, M., López, D., Benavente, R., Mijangos, C., and Pereña, J. M. 2000. Effect of crosslinking on the mechanical and thermal properties of poly(vinyl alcohol). Polymer. 41: 9265–9272.

Leszczyńska, A., Njuguna, J., Pielichowski, K., and Banerjee, J. R. 2007. Polymer/ montmorillonite nanocomposites with improved thermal properties: Part I. Factors influencing thermal stability and mechanisms of thermal stability improvement. Thermochimica Acta. 453: 75–96.

Li, X., Wu, Y., Gu, D., and Gan, F. 2009. Thermal decomposition kinetics of nickel(II) and cobalt(II) azo barbituric acid complexes. Thermochimica Acta. 493: 85–89.

Mallakpour, S., and Jarang, N. 2015. Mechanical, thermal and optical properties of nanocomposite films prepared by solution mixing of poly(vinyl alcohol) with titania nanoparticles modified with citric acid and vitamin C. Journal of Plastic Film & Sheeting. 32: 293–316.

Moezzi, A., McDonagh, A. M., and Cortie, M. B. 2012. Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications. Chemical Engineering Journal. 185–186: 1–22.

Ou, C.-Y., Zhang, C.-H., Li, S.-D., Yang, L., Dong, J.-J., Mo, X.-L., and Zeng, M.-T. 2010. Thermal degradation kinetics of chitosan-cobalt complex as studied by thermogravimetric analysis. Carbohydrate Polymers. 82: 1284–1289.

Ozawa, T. 1970. Kinetic analysis of derivative curves in thermal analysis. Journal of Thermal Analysis. 2: 301–324.

Pandey, J. K., Raghunatha Reddy, K., Pratheep Kumar, A., and Singh, R. P. 2005. An overview on the degradability of polymer nanocomposites. Polymer Degradation and Stability. 88: 234–250.

Peng, Z., Kong, L., and Li, S.-D. 2005. Thermal properties and morphology of poly(vinyl alcohol)/silica nanocomposite prepared with self-assembled monolayer techniques. Journal of Applied Polymer Science. 96: 1436_1442.

Peng, Z., Kong, L. X., Li, S.-D., and Spiridonov, P. 2006. Poly(vinyl alcohol) /silica nanocomposites: Morphology and thermal degradation kinetics. Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 6: 3934–3938.

The calculated values were compared with that of the average values from Kissinger and FWO models (Table 8) to suggest the optimum degradation mechanism model relating to each sample. From this comparison, pure PVA degradation mechanism was suggested to obey D1 model which involves one-dimensional diffusion process. The other samples (two and three phase samples) are closed to obey F2 model which involve random nucleation with two nuclei on the individual particle. PVA/ZnO nanocomposite sample (S2) tends to obey F1 model more than F2 model, but both rely the random nucleation process. This result is highly satisfactory since the two and three phase samples are more complex than pure PVA. The nature of each point inside the complex system may differ according to its status. For examples, the chains confined within aggregation of ZnO will have a different thermal behavior than the chains just attached to ZnO nanoparticles or for chains surrounded by another chains (agglomeration). Conversely, the presence of salts had negligible influence on the degradation mechanism.

Table 8. Summary of the activation energy values of all samples and the average values of Kissinger and FWO models.

	Pure S1	S2	S3	S4
Kissinger model	154.80	148.80	127.20	133.80
FWO model	144.78	136.90	131.07	139.00
Average Kissinger and FWO models	149.79	142.85	129.14	136.4
D1 (1D diffusion)	147.97	208.30	222.98	218.55
F1 (Random nucleation with one nucleus on the individual particle)	111.33	157.38	168.52	165.25
F2 (Random nucleation with two nuclei on the individual particle)	88.62	125.25	134.12	131.67

CONCLUSION

Nanocomposite of polyvinyl alcohol ZnO loaded with different concentration of LiCl salts were prepared through casting technique. Thermal degradation and stability were investigated through thermal gravimetrical analysis (TGA). The TGA results showed that the addition of ZnO reduce the thermal stability of the composite compared with pure PVA sample. The addition of LiCl salt did not show any change in thermal stability, especially for the main reaction stage. The thermal kinetic analysis for all samples was investigated to identify the decomposition mechanism in the two phase and three phase samples. Kissinger, FWO and Coats Redfern model were tested to calculate the apparent activation energy for all samples. Both Kissinger and FWO showed close activation energies' value which was considered to describe quantitatively the degradation mechanisms for all samples. Pure PVA sample went to a mechanism (D1) of one-dimensional diffusion; however, the reset of samples went to a mechanism (F1) and (F2) of random nucleation with one and two nucleus on the individual particle, respectively.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to Prof. Sobhy Sayed Ibrahim for generously supported me and revised this work.

REFERENCES

Abd-Elrahman, M. I. 2013. Enhancement of thermal stability and degradation kinetics study of poly(vinyl alcohol)/zinc oxide nanoparticles composite. Journal of Thermoplastic Composite Materials. 27: 160–166.

Table 4. Activation energy from FWO model at heating rates (beta=5, 10, 20, 30, 40, 50).

A conversion	Pure-S1		0%-S2		3%-S3		6%-S4	
	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square
0.7	145.6	0.987	137.4	0.945	134.8	0.988	146.2	0.993
0.65	144.4	0.991	137.2	0.95	133	0.986	142.7	0.993
0.6	145.2	0.99	137.2	0.955	131.4	0.983	140.2	0.993
0.55	144.2	0.993	137	0.957	130.2	0.980	138.4	0.994
0.5	145.4	0.993	137	0.954	129.5	0.978	136.1	0.993
0.4	143.9	0.995	135.6	0.965	127.5	0.974	130.4	0.993

A number of recommended models (listed in table 2), which assume different mechanisms of thermal degradation of mater, have been used to estimate the values of the apparent activation energy (E_a) for pure, nanocomposite and electrolyte nanocomposite samples (see Tables 5 to 7).

Table 5. Activation energy from Mechanism (D1) of Coats Redfern model at (α=0.7, 0.65, 0.6, 0.55, 0.5, 0.4).

Rate (^{o}C/min)	Pure-S1		0%-S2		3%-S3		6%-S4	
	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square
5	148.8	0.98	200.2	0.992	195.7	0.980	174.1	0.991
10	140.3	0.965	189.6	0.988	240.8	0.988	208.4	0.987
20	151.6	0.979	230.8	0.995	242.0	0.979	217.1	0.988
30	158.2	0.971	218.6	0.989	231.0	0.987	214.6	0.994
40	140.9	0.985	205.1	0.990	209.2	0.978	247.6	0.986
50	148	0.981	205.5	0.990	219.2	0.994	249.5	0.99

Table 6. Activation energy from Mechanism (F1) of Coats Redfern model at (α=0.7, 0.65, 0.6, 0.55, 0.5, 0.4).

Rate (^{o}C/min)	Pure-S1		0%-S2		3%-S3		6%-S4	
	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square
5	111.9	0.995	151.0	0.999	148.0	0.994	131.2	0.999
10	105.4	0.986	143.3	0.999	182.2	0.998	157.6	0.998
20	114.2	0.995	174.8	1.000	183.3	0.994	164.2	0.998
30	119.2	0.99	165.4	0.999	174.6	0.998	162.1	1
40	105.7	0.996	154.9	0.999	158.1	0.993	187.6	0.998
50	111.6	0.995	154.9	0.999	164.9	0.999	188.8	0.999

Table 7. Activation energy from Mechanism (F2) of Coats Redfern model at (α=0.7, 0.65, 0.6, 0.55, 0.5, 0.4).

Rate (^{o}C/min)	Pure-S1		0%-S2		3%-S3		6%-S4	
	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square
5	88.7	0.991	119.8	0.978	118.1	0.992	104.1	0.979
10	83.7	0.996	114.3	0.984	145.1	0.985	125.6	0.984
20	91.2	0.989	139.5	0.973	146.5	0.993	130.8	0.983
30	95	0.991	131.9	0.985	138.9	0.987	129	0.974
40	83.8	0.982	123.3	0.981	126.0	0.993	149.9	0.986
50	89.3	0.988	122.7	0.983	130.1	0.974	150.6	0.981

The thermal degradation mechanism, especially for nanocomposites, generally follows a complex reaction pathway and is dependent on α. Consequently, complex conversion mechanisms must be determined from experimental data. The Kissinger and FWO models were used to calculate the E_a of degradation for all samples. However, the Coats-Redfern model was used to determine the more plausible thermal degradation mechanisms in the presence of the ZnO nanoparticles and LiCl salt. Figure 4 shows the relation between plotting $ln\beta/T^2_{max}$ and $1000/T_{max}$ (Kissinger models) to estimate the apparent activation energies for all samples under test.

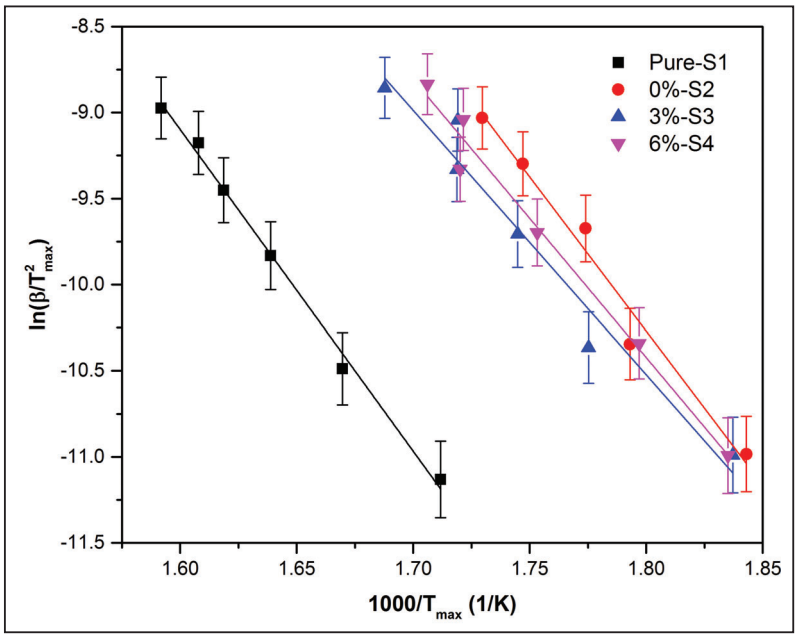


Figure 4. Kissinger models applied for sample data as a function of heating rate to calculate the degradation activation energy.

Pure PVA (S1) showed the highest apparent activation energy (E_a ~154.8 KJ mol^{-1}), which is comparable to the literature (Peng *et al.* 2006) and (Baraker and Lobo 2018). For both nanocomposite and nanocomposite electrolyte sample, the apparent activation energy dropped steadily in to 148.8 KJ mol^{-1} for PVA/ZnO and 127.2 and 133.8 KJ mol^{-1} for S3 and S4 nanocomposite electrolyte samples respectively. These results confirm the reduction of thermal stability of the samples. Table 3 illustrates the values of the apparent activation energy for pure, nanocomposite and electrolyte nanocomposite samples predicted by Kissinger model. Beside the value of R^2 which indicates the goodness of fit measure for the linear regression.

Table 3. Activation energy from Kissinger model.

Pure-S1		0%-S2		3%-S3		6%-S4	
E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square	E(kJmol^{-1})	R-square
154.8	0.994	148.8	0.968	127.2	0.954	133.8	0.978

Table 4 illustrates the values of the apparent activation energy for pure, nanocomposite and electrolyte nanocomposite samples predicted by using FWO model. The calculated activation energies from both the Kissinger and FWO models, are close to each other.

on the thermal behavior of the samples at two different heating rates (10 and 20 °C/min). It is clear that the main effect is return to the addition of ZnO to the polymer matrix. The addition of LiCl salts has no effective change on the TGA profile curve. The addition of ZnO nanoparticles accelerate the degradation of main decomposition stage (first stage) of the polymer chains. The addition of ZnO nanoparticles will acts to separate the polymer chains and decrease agglomeration density. Besides, ZnO will cause partial degradation in the polymeric chains during preparation process and due to ultrasonication. Chains fracture will increase the number of chain ends (termination). These will facilitate the thermal decomposition of chains and reduce the thermal stability of the polymer.

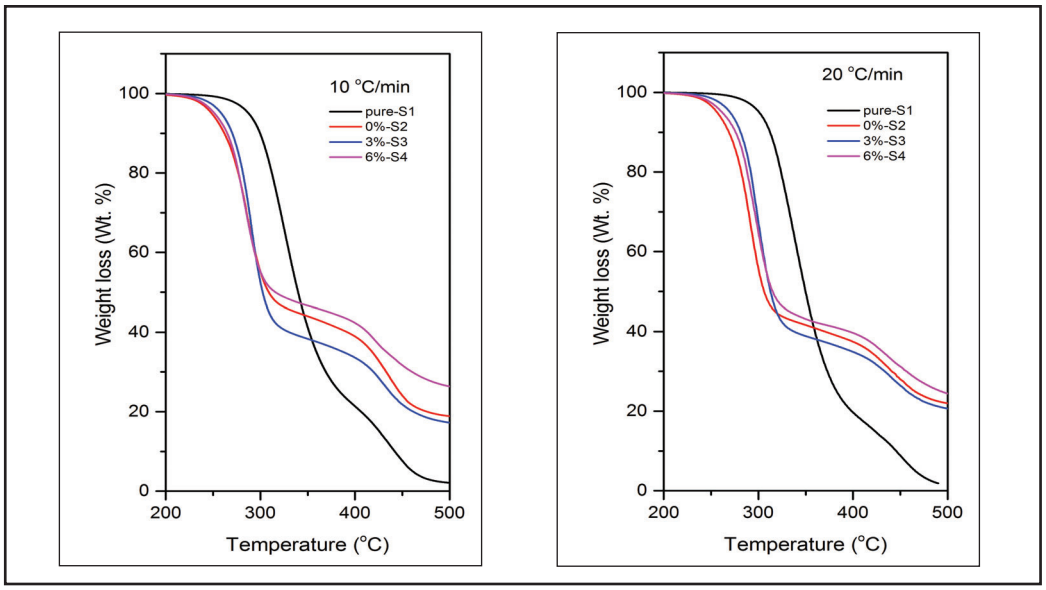


Figure 2. TGA curves for different samples at a heating rate of: a)10 °C/min, b) 20 °C/min.

For the second decomposition stage, the thermal stability was increased for the nanocomposite samples. This can be attributed to two factors. The first is the shortness of the chain length will decrease the probability of decomposition of the main chain double bond and polyene formation. The second, at high temperature stage, nanoparticles will be able to move to the composite surface (due to relatively low surface potential energy or surface tension). As a result, the accumulated ZnO nanoparticles act as insulating layers and barrier for mass transport, which delays both of polymer decomposition and the release of volatile products (as seen in figure 3).

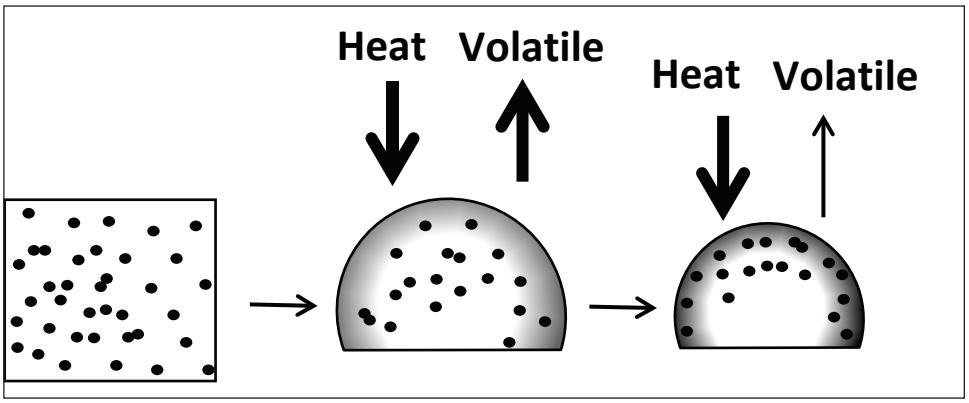


Figure 3. Illustration representing the ZnO nanoparticle distribution in PVA during combustion.

explain the decomposition mechanism for the main decomposition reaction of PVA nanocomposite samples.

RESULTS AND DISCUSSION

Thermogravimetric analysis curves (TGA) for pure PVA and its nanocomposite (PVA/ZnO) and its three phase (PVA/ZnO/LiCL) samples at different heating rates were investigated in Figure 1. All samples were pre-heated up to 200°C before carrying out the TGA analysis to eliminate the residual water decomposition stage and reduce the probability of overlaps in the first derivative of the TGA curve (DTGA). Two distinguish decomposition stages are observed for pure and nanocomposite samples and for all heating rates.

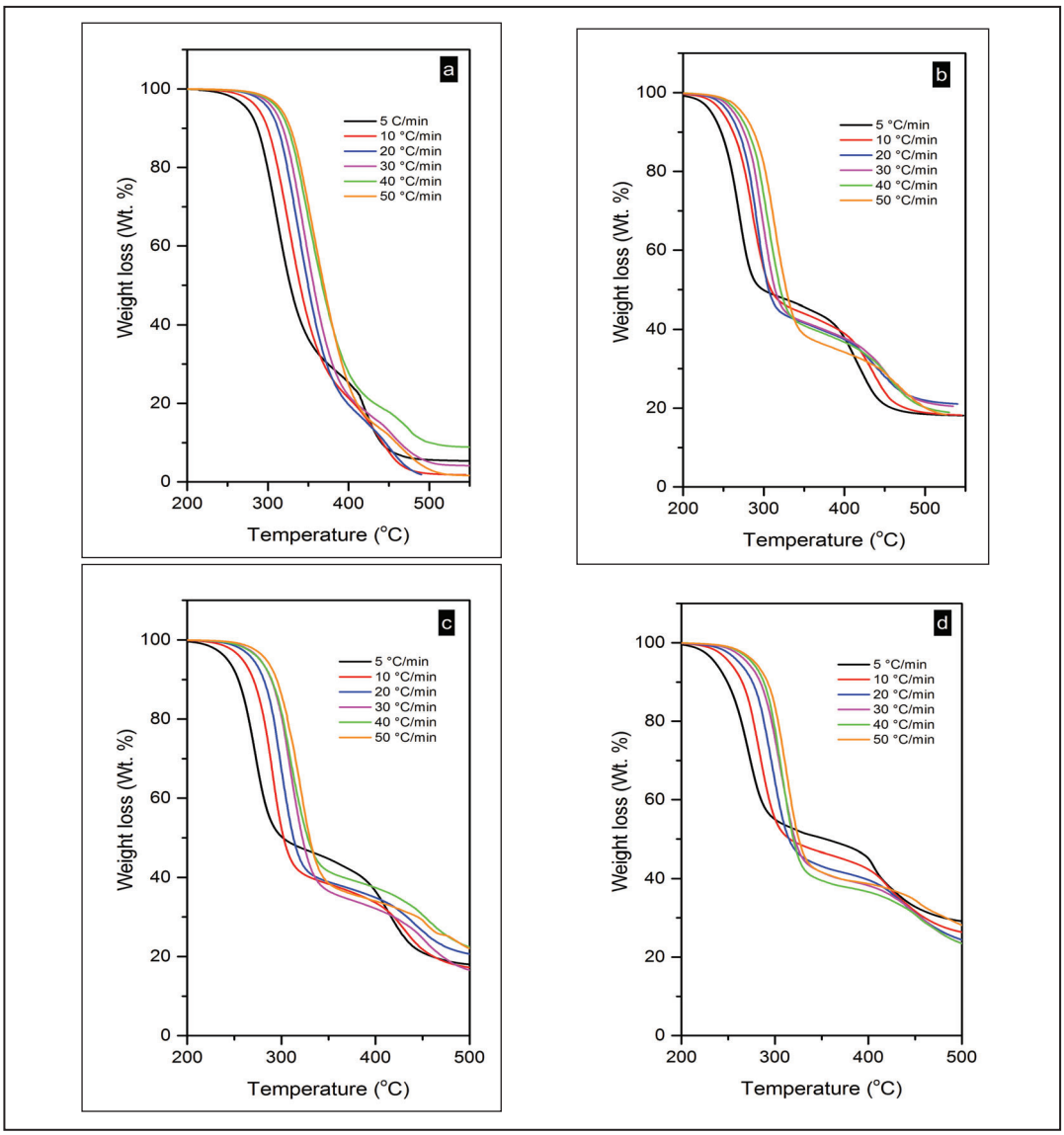


Figure 1. Thermogravimetric analysis (TGA) curves for different samples as a function of heating rate: a) pure poly(vinyl alcohol) (PVA) (S1), b) PVA/ZnO (S2), c) PVA/ZnO LiCl-3%, d) PVA/ZnO LiCl-6%.

For pure PVA (Figure **1**(a)), the first decomposition stage is attributed to the thermal degradation of the carboxylic acid side-chain, since PVA is not fully hydrolyzed. The second degradation stage corresponds to the degradation of main PVA chain releasing alkynes (low-molecular weight) and conjugated polyenes (Peng *et al.* 2005). The first degradation stage was selected for kinetic studies.

Figure 2a and 2b shows the effect of ZnO nanoparticles (S1) and LiCl salt (S2 and S3)

is temperature dependent, and is generally assumed to follow the Arrhenius equation:

$$K(T) = A\ exp(-E_a/RT) \quad (2)$$

where: A and E_a are the pre-exponential factor (mol^{-1}) and the activation energy (kJ/mol) of the kinetic process, respectively. R is the gas constant (8.314 J/(mol·K)) and T is the temperature (K).

Considering the heating rates, $\beta=dT/dt$, as a non-isothermal condition, the reaction rate equation can be written as (Li *et al.*, 2009):

$$d\alpha/dt = A/\beta\ exp(E_a/RT)\ f(\alpha) \quad (3)$$

From a set of non-isothermal tests, Kissinger developed a method for estimation of activation energy of the reaction which given by;

$$ln\beta/T^2_{max} = ln(AR/E_a)-(E_a/R)\ 1/T_{max} \quad (4)$$

where: the temperature corresponding to DTGA (1st derivative of TGA curve) peak value. By plotting $ln\beta/T^2_{max}$ versus $1000/T_{max}$, E_a and A can be calculated from the slope ($-E_a/R$) and intercept ($ln(AR/E_a)$), of the fitted straight line, respectively.

From the integral method, Flynn-Wall-Ozawa (FWO) model is used directly to estimate the activation energy (E_a) using the following equation:

$$log\beta = log(A\ E_a/R\ g(\alpha)) - 2.315 - 0.4567\ (E_a/RT) \quad (5)$$

where: $g(\alpha)$ is one of numerous integral formulas taken from the literature (thirteen of which are presented in Table 2). The activation energy at specific conversion (E_a) can be determined by plotting $log\ \beta$ against $1000/T$, since the value of $log(AE_a/Rg(\alpha))$ is approximately constant.

Table 2. Algebraic expressions for g(a) frequently used in the literature (Zhou et al. 2009).

Symbol	g(a)	Mechanism processes
	Sigmoidal curves	
A2	$[-\ln(1-\alpha)]^2$	(Avrami equation (1)) Nucleation and growth for different orders (Avrami equation (2)) (Avrami equation (3))
A3	$[-\ln(1-\alpha)]^3$	
A4	$[-\ln(1-\alpha)]^4$	
	Deceleration curves	
R1	α	Phase boundary controlled reaction (1D-movement)
R2	$2[1-\ln(1-\alpha)^{1/2}]$	Phase boundary controlled reaction (contacting area)
R3	$3[1-\ln(1-\alpha)^{1/3}]$	Phase boundary controlled reaction (contacting volume)
D1	α^2	1D diffusion
D2	$(1-\alpha)\ln(1-\alpha)+\alpha$	2D diffusion (Vslensi equation)
D4	$[1-(2/3)\alpha]-(1-\alpha)^{2/3}$	3D diffusion (Ginstling-Brounshtein equation)
F1	$-\ln(1-\alpha)$	Random nucleation with one nucleus on the individual particle
F2	$1/(1-\alpha)$	Random nucleation with two nuclei on the individual particle
F3	$1/(1-\alpha)^2$	Random nucleation with three nuclei on the individual particle
α = the degree of conversion.		

Another integral formula, referred as the Coats-Redfern (CR) model is described by the following equation:

$$ln\ (g(\alpha)/T^2) = ln\ (AR/\beta\ E_a) - (E_a/R)\ 1/T \quad (6)$$

The estimated values of E_a and A can be calculated for any chosen form of $g(\alpha)$ and fixed β.

In this study we rely on Kissinger and FWO models to estimate the apparent activation energy. Coats-Redfern model will be used with applying the predicted model, listed in Table 2, to estimate the apparent activation energy for the main decomposition reaction. Only these models that produce results close to the estimated values from Kissinger and FWO models will be discussed to

PVA/LiCl electrolytes have been used as electrochemical stabilizer pseudo-capacitors in vanadium oxide electrodes (Wang *et al.*, 2012). The addition of LiCl salt to PVA increases the hydrophilicity and vapor permeability of the hybrid material (Zhang *et al.*, 2008). Furthermore, the presence of the LiCl salt is a factor in the water sorption rate for PVA blends (Jiang *et al.*, 2016).

However, this study focuses on studying the thermal degradation by kinetic analysis using Kissinger and Flynn-Wall-Osawa (FWO) models to measure the degradation activation energy (E_a) and to determine the most plausible degradation mechanism for pure PVA and PVA/ZnO/LiCl three-phase composite. This study benefits from optimizing the process conditions during the preparation of the three-phase blends, since thermal degradation is a result of the intrinsic processes of chemical reactions during film preparation.

MATERIALS AND METHODS

PVA (average mw. 30,000–70,000), zinc acetate dihydrate ($Zn(CHCOO)•2H_2O$), LiCl salt and sodium hydroxide (NaOH) were purchased from Sigma-Aldrich and used without any further purification. Distilled water is used having a resistivity of ~15 MΩ·cm.

For each sample, one gram of PVA powders was dissolved in 20 ml of distilled water and heated to 80 °C with magnetic stirring for 3 hrs. For the synthesis of ZnO nanoparticles, zinc acetate dihydrate powder (3 g) was dissolved in 40 ml of distilled water at ~40 °C. Thereafter, 4–6 NaOH pellets were added to the aqueous zinc acetate solution, under stirring, prior to heating for 4 hrs to form ZnO nanoparticles.

For PVA/ZnO nanocomposite samples, 0.25 mg of ZnO powder was dispersed in 5 ml of deionized (DI) water before mixing with the PVA solution. The mixture was ultrasonicated (5min) to get a homogenous mixture. Four containers comprising the clear and homogenous PVA/ZnO gel (fixed weight ratio of 5 wt.%), electrolyzed with varying weight ratios of LiCl (0, 3 and 6 wt.%) under magnetic stirring. The obtained nanocomposite solutions were poured into Petri dishes (diameter 5 cm). At room temperature, DI water was evaporated over a period of 24 hrs. The resultant films dried at 60 °C for 2 hrs. Film thickness was ~0.1 mm. The list of samples composition and code is presented in Table 1.

Table 1. Poly(vinyl alcohol) (PVA) blends with ZnO nanoparticles and LiCl salts.

Film No.	PVA	ZnO	LiCl
S1	1 g	-	-
S2	1 g	5%	0%
S3	1 g	5%	3%
S4	1 g	5%	6%

TA Q50 thermal gravimetrical analysis (TGA) instrument was used to measure the weight loss of the nanocomposite films as a function of temperature. The experiments were performed at various heating rates of 5, 10, 20, 30, 40, and 50 °C/min, under constant nitrogen purging (60 mL/min flow rate). For TGA analysis, all samples had approximately 12 mg and preheated to 200°C to avoid the overlapping of the TGA profile and remove the residual water.

Theoretical background

The kinetic study of thermal decomposition is categorized into differential and integral methods. The Coats-Redfern (Coats and Redfern, 1964; Ou *et al.*, 2010) and Flynn-Wall-Ozawa (FWO) (Ozawa, 1970; Wang *et al.*, 2009) models are attributed to the integral method, while the Kissinger model fits within the differential method (Kissinger, 1956 and 1957). In solid-state samples, the kinetic analysis is usually presented by the following empirical equation:

$$r=d\alpha/dt=K(T)f(\alpha) \quad (1)$$

where: α is the reacted fraction, $d\alpha/dt$ is the rate of conversion, $f(\alpha)$ is the kinetic model which usually related to a physical model describe the kinetic of the solid-state reaction. $K(T)$ is the rate constant, which

Kinetic Analysis of ZnO Filled PVA-LiCl: Three Phase Electrolyte

Abdullah F. M. Al Naim

Physics Department, Faculty of Science, King Faisal University
Al-Hassa, Saudi Arabia

Received 28 November 2018 - Accepted 10 December 2019

https://doi.org/10.37575/b/sci/2025

ABSTRACT

A non-isothermal kinetics analysis for poly (vinyl alcohol) (PVA) and its ZnO nanocomposite (5wt.%) loaded with different weight ratios of LiCl, was investigated by thermogravimetric analysis (TGA). The degradation mechanism and the corresponding activation energies were calculated using Kissinger, Flynn-Wall-Ozawa and Coats-Redfern models at different heating rates (5, 10, 20, 30, 40, and 50 °C/min). In general, all models demonstrated their reliability to describe the thermal degradation of samples. The results show a reduction in PVA thermal stability in the presence of ZnO nanoparticles in the PVA matrix. Additionally, ZnO nanoparticles induce an alternative degradation mechanism from one-dimensional diffusion to random nucleation with one or two nuclei on the individual particles. However, the presence of the LiCl salt exhibits negligible effects on the TGA profiles and the activation energy values.

Key Words: Poly (vinyl alcohol), Thermal degradation, Thermal stability, ZnO nanoparticles.

INTRODUCTION

Hybrid materials composed of organic-inorganic constituents have received a wealth of interest, since the addition of inorganic nanoparticles to organic polymers can enhance their electrical, optical, and mechanical properties, in addition to improving catalytic activity (Godovsky 2000). Such methodologies are significant strategies to tailor new hybrid materials that combine the advantages of both constituents. Numerous applications were developed successfully in areas such as sensors, organic batteries, and microelectronics. Therefore, elucidating the thermal degradation properties of such hybrid composites are of current interest. Among various host polymers, poly(vinyl alcohol) (PVA) has demonstrated potential as a result of favorable chemical stability, encouraging mechanical, and thermal properties (Krumova *et al.*, 2000; Jin *et al.*, 2007) in addition to biodegradable, nonhazardous, and environmentally benign advantages (Anis *et al.*, 2008). There is a plethora of reports describing the role of nanoparticles to improve thermal degradation of nanocomposites (Pandey *et al.*, 2005; Leszczyńska *et al.*, 2007; Abd-Elrahman 2013; Mallakpour and Jarang 2015). Numerous research groups have focused on improving the thermal stability of PVA and PVA blends by the addition of fillers, lubricants, and crosslinking agents (Alexy *et al.*, 2002; Sreedhar *et al.*, 2005; Sreedhar *et al.*, 2006).

Zinc oxide (ZnO) nanoparticles are unique wide energy gap filler material that demonstrate highly attractive optical, electrical, and piezoelectric properties (Moezzi *et al.*, 2012). Furthermore, ZnO exhibits additional significant advantages such as relatively low toxicity, low-cost, and thermal and chemical stability.

The fundamental electronic transition onset of ZnO, at 3.37 eV, and a high room temperature excitonic stability (exciton binding-energy is ~60 meV) results in intense UV-blue luminescence (Sengupta *et al.*, 2011; Moezzi *et al.*, 2012).

The purpose of adding LiCl to nanocomposite blends is to determine its influence on the thermal degradation of the composite films, since the LiCl salt exhibits improvement in electrical conductivity when compared with other salts, such as $NaNO_3$, $CaCl_2$ and NaCl (Weast, 1989). Li^+ (1+ oxidation state) is expected to substitute Zn in ZnO, by utilizing vacancies of comparable size, since the ionic radii of Li (90 pm) and Zn (88 pm) ions are similar in size (Shannon, 1976). Additionally,

الأرابسك التركيبي: مفهوم جديد

وجدان الهبوب[1] الهادي النابلي[2]

(1) قسم الرياضيات والإحصاء، كلية العلوم، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية
(2) قسم الرياضيات، كلية العلوم، جامعة صفاقس، الجمهورية التونسية

استلام 18 أكتوبر 2018م - قبول 14 مارس 2019م

https://doi.org/10.37575/b/sci/2016

الملخص

هذه المقالة تستحدث تطبيقا جديدا في التوافقية التحليلية بمسمى الأرابسك التركيبي. توجد العديد من التطبيقات أو المجالات المتصلة بالتحليل التوافيقي (أو التركيبي) منها على سبيل المثال لا الحصر نظرية الرسومات والإمثال التركيبي والاحتمالات التركيبية. لكن تطبيق التوافقية التحليلية على الزخارف الهندسية هو مجال لم يسبق دراسته أو التطرق إليه من قبل. هذا المجال لا يتعدى في ظاهره حدود التركيبات الزخرفية ولكنه في الواقع يستخدم العديد من الفروع في الرياضيات منها طرق العد والتحليل وكذلك الجبر الهيكلي المتعلق بالتحويلات الهندسية.

نتائج هذه الدراسة لها بعدان، الأول رياضي ويتمثل في تحديد ومن ثم تعداد جميع الزخارف من نوع خاص أسميناها «الزخارف المتناظرة كليًّا». البعد الثاني هو فني زخرفي حيث تمكن هذه الدراسة من إنشاء تصاميم زخرفية في غاية الجمال من زخارف غير جميلة وإعطاء تعريف رياضي يقيس درجة الجمال لكل زخرفة.

الكلمات المفتاحية: التحليل التوافيقي، زخارف، زمرة الثبات.

Al-haboob, W. 2018. Combinatorial arabesque. Master Math Thesis. King Faisal University, Alahsa, KSA.

André, J and Girou, D. 1999. Father Truchet, the typographic, the romain du roi and tilings. TUGboat. 20: 8-14.

Broug, E. 2019. Islamic Geometric Patterns, revised edition. Thames and Hudson, London.

Douat, D. 1722. Méthode pour faire uneinfinité de dessins différents avec des carreaux mi-partis de deuxcouleurs par unelignediagonale, présenté par le Révérand Père Sébastien Truchet, Paris. Retrieved 05 March 2019, fromhttps://cutt.us/2WwIv.

Johnston, B.L. and Richman, L. 1997. Numbers and Symmetry: An Introduction to Algebra. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.

Kaplan, C. S. 2000. Computer generated Islamic star patterns. In Bridges 2000: Mathematical connections in Art, Music and Science, Winfield, Kansas, USA, 28-31 July, pp. 106–112.

Kaplan, C. S. 2005. Islamic star patterns from polygons in contact. Proceeding of Graphics Interface (GI2005). Victoria, British Columbia, Canada, 9-11 May, pp. 177-185.

Krawczyk, R. 2011. Truchet tiling revisited. Proceedings of ISAMA. Columbia College in Chicago, 26 May, pp. 69–77.

Lord, E., and Ranganathan, S. 2006. Truchet tiling and their generalizations. Resonance. 11(6): 42–50.

Reimann, D.A. 2009. Text from Truchet Tiles. Bridges Alberta, Canada, 26-29 July, pp. 325–326.

Smith, C. S. 1987. The tiling patterns of Sebastien Truchet and the topology of structural hierarchy. Leonardo. 20: 373-385.

Truchet, S. 1704. Mémoires sur les combinaisons. Mémoires de l'Académie des Sciences. 363-372. Retrieved 05 March 2019, from https://cutt.us/QsOHa.

2. The order of invariance group is 8 for Example 1, and it is only 4 for Example 2.

Construct beautiful arabesques

The group of invariants can be reduced to one element only, the identity. In this case, the arabesque is not beautiful. In this section, it will be seen how to construct from this kind of motifs other ones larger in dimension but mostly more beautiful.

In Figure 12, motif has no symmetry; the group of invariants is precisely $\boldsymbol{G} = \{I,\}$

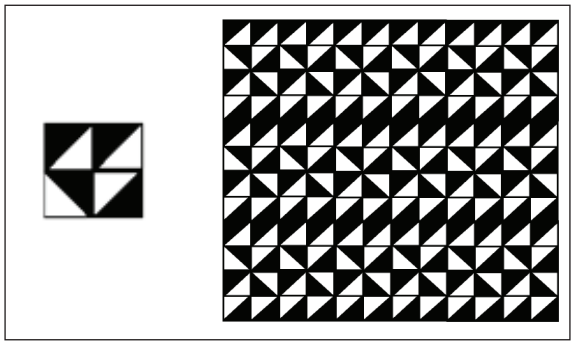


Figure 12:Motif without symmetry and its related arabesque

This arabesque seems not beautiful, due to the fact that the group cardinality is the smallest one. The idea consists in considering for example the Truchet pattern as a motif, which corresponds to a right concatenation of the motif reflection and then a central symmetry application:

$$TP^{(n)} = \begin{pmatrix} M_n & \underline{M}_n \\ \underline{\widehat{M}}_n & \widehat{M}_n \end{pmatrix}$$

The Truchet pattern associated to the motif above is shown in Figure13.

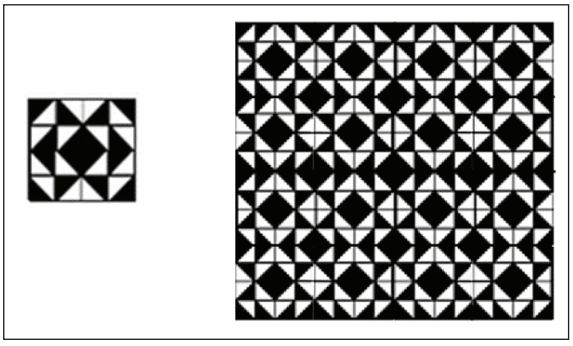


Figure 13:.Truchet pattern associated to the motif of figure 12 and its arabesque

The group of invariants for the constructed motif in Figure 13 is nothing else than $\boldsymbol{G} = \{I, S_v, S_h, S\}$. In that way, the group order grows from 1 to 4. By comparing the arabesques in figure 12 and figure 13, the difference of beauty degree is unequivocal.

CONCLUSION

In this paper, a new topic in combinatorics field, that is called "combinatorial arabesque", has been tackled. At first glance, this subject seems to be a simple combination of diagonally bi-colored squares, but it was found that it spans many mathematical disciplines. The outcomes of this work can be recapitulated in the following items:

- Give the mathematical model of the problem, in that way, all results have been dealt with mathematical objects and not with graphical ones.
- Determine and enumerate all motifs entirely symmetrical.
- Measure and define the beauty degree by means groups of transformations and invariance.
- Propose tricks allowing to produce beautiful arabesques.

As perspective of this work, it can be cited the following:

- Generalize this study for squares not only diagonally bi-colored but also equally (in surface) bi-colored, or also multicolored squares.
- Develop a software approach for generating beautiful Truchet tiles. A geometric pattern generator can be useful in architectural design or also in textile manufacturing.
- As one of the practical applications for this work, use the CNC Router machine to introduce the arabesque on any choices material then applied them in decoration.

REFERENCES

Al-Darwich, N. 2011. Artistics tiling using TilePro. Journal of Software. 11(11): 69–77.

the composition of transformations, that is denoted ○. The geometrical transformations that can be involved for any motifs are:

- Identity, denoted by I.
- Rotation of angle $\pi/2$ centered at the center of the motif, denoted R. If $R \in \boldsymbol{G}$, then $R^{-1} \in \boldsymbol{G}$.
- Central symmetry centered at the center of the considered motif, denoted by S. Note that $R^2 = S$.
- Reflection in the vertical axis passing through the motif center, denoted by S_v.
- Reflection in the horizontal axis passing through the motif center, denoted by S_h.
- Reflection in the first diagonal axis of the motif, denoted by S_1.
- Reflection in the second diagonal axis of the motif, denoted by S_2.

The composition of two distinct reflections from the ones mentioned above is a rotation, and the composition between rotation and reflection is a reflection. Also, it is useful to recall that for any reflection s, we have $s^2 \triangleq s \circ s = I$. It could be proved that the set

$$\boldsymbol{G}_m = \{I, R, R^{-1}, S, S_v, S_h, S_1, S_2\}$$

is a group, it is indeed the "Dihedral group" D_8 of order 8.

Definition 3: The beauty degree of an arabesque is the order of the group keeping invariant the related equivalence class. The beauty degree is said maximal, if the order of the group is G_m.

Example 1: A motif of dimension n =4.

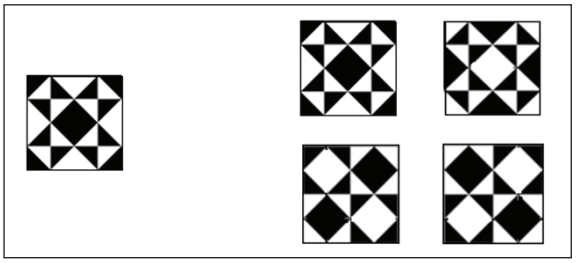


Figure 9:Motif of dimension n=4 and the related class

$$G = G_m \qquad \text{ord}\,(G) = 8$$

For the two last motifs in Figure 9, we remark that they symmetrical, each one is the image of the other by S_v and alsoby S_h. So, the group keeping the class invariant is actually $\boldsymbol{G}_m$.

Figure 10 illustrates the commune arabesque for all motifs appearing in Figure 9:

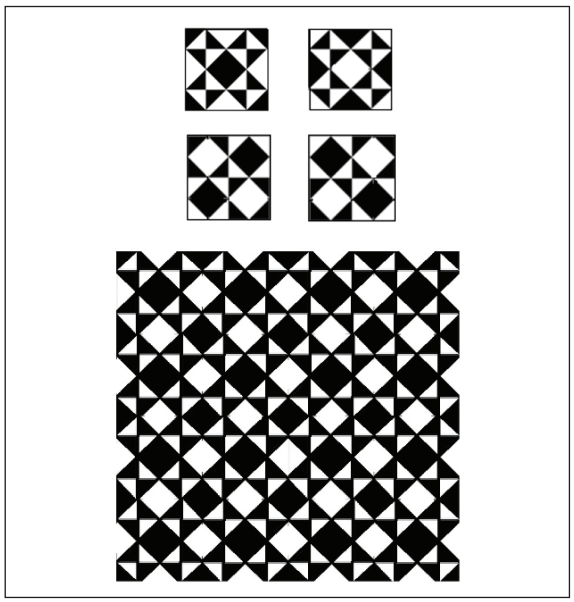


Figure 10:The commune arabesque for all motifs of figure 9.

Example 2: Figure 11 illustrates an example where the group for each motif is $\boldsymbol{G} = \{I, S_v\}$ whereas the group for all the class is $\boldsymbol{G} = \{I, S_v, S_h, S\}$.

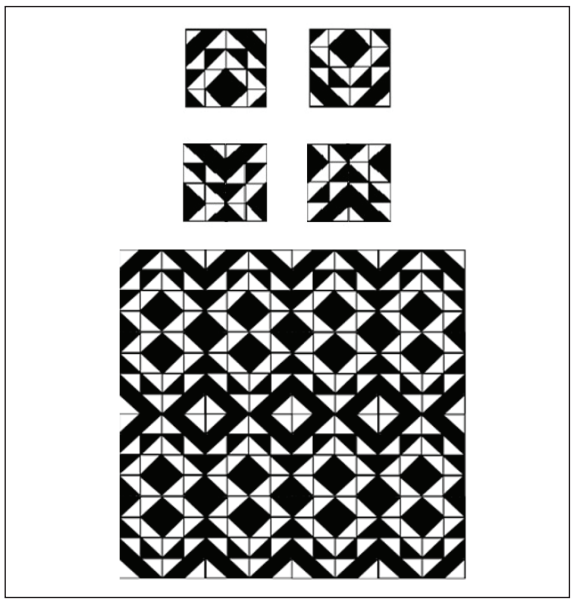


Figure 11: Four motifs belonging to the same class and its commune arabesque.

It is clear that the arabesque in Example 1 is more beautiful than the one in Example

Motifs of even dimension:

Theorem 3: Let n be an even number and $M_n = (\chi_{ij1})_{\leq i,j \leq n}$ be a motif of dimension n (where $\chi_{ij} \in \{A,B,C,D\}$), we have:

$$M_n \text{is entirely symmetric} \Leftrightarrow M_n = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{11} \end{pmatrix} & \circledcirc \frac{n}{2} \\ \circledcirc \frac{n}{2} & \end{pmatrix}$$

Proof: The proof can be achieved easily by using Lemma 1and Lemma 2.

■

Remark 2: Each motif $M_2 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{11} \end{pmatrix}$ depends on the variables χ_{11} and χ_{12}, these two variables vary in the set $\{A,B,C,D\}$. So, the number of motifs of dimension 2 that are entirely symmetric is equal to 16, they generate 6 different arabesques (see Figure 7).

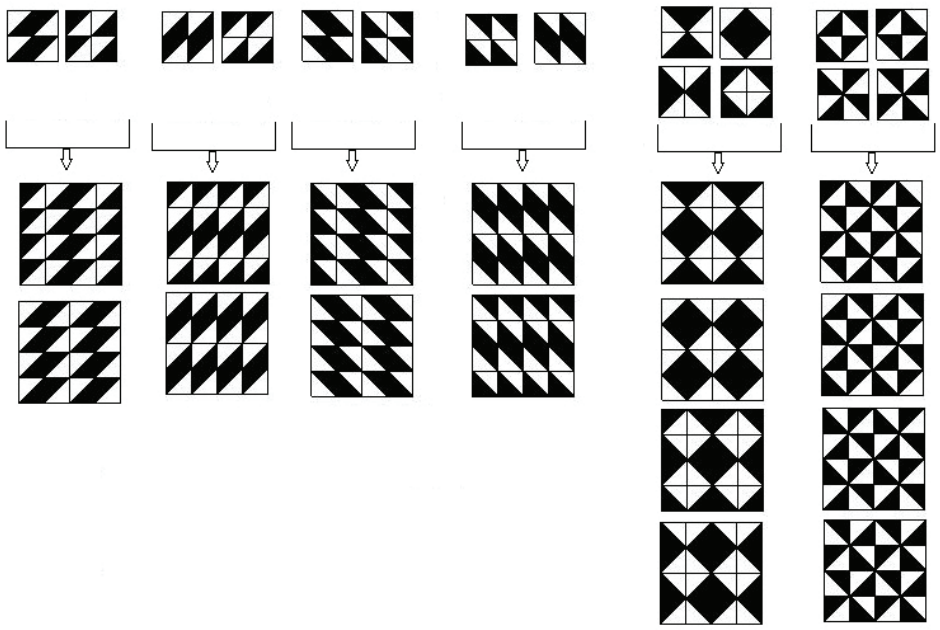


Figure 7: At the top the different motifs $M_2 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{11} \end{pmatrix}$ and at the bottom the associated arabesques

It is useful to note that the figure 7, corresponding to the case "n even", includes the motifs entirely symmetrical already obtained for the previous case "n odd". In fact, the odd case corresponds to the motif $M_2 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{11} \end{pmatrix}$ satisfying $\chi_{12} = \chi_{11}$.

Looking into all arabesques entirely symmetric, shown in Figure 7, one can deduce that the property of "entirely symmetrical" is not a synonym of extreme beauty. Figure 8 gives an example of arabesque that does not satisfy the condition of "entirely symmetric", but it seems more beautiful than all arabesques entirely symmetric.

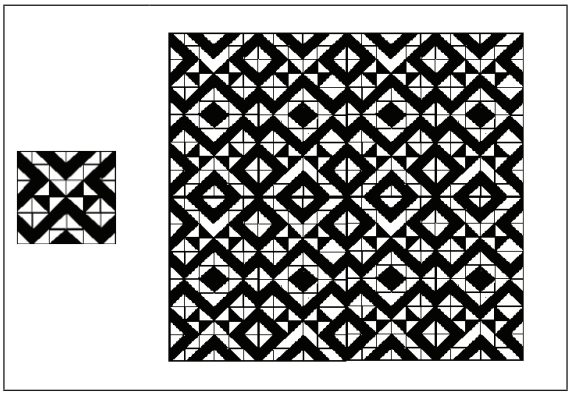


Figure 8: On the left a motif not entirely symmetric and on the right the related arabesque

BEAUTY ANALYSIS

Invariant group:

The group of geometrical transformations keeping invariant a motif is denoted commonly by G, and the internal composition law is

When n is even, the same relations mean that the two first column are duplicated $n/2$ times:

$$P_{01}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow M_n = (C_1 \quad C_2) \circledcirc \frac{n}{2}$$

■

The belonging effect of $P_{10}^{(n)}$ to the class is studied in the next lemma.

Lemma 2: Let $M_n = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix}$ be a motif of dimension n, where R_i stands for the ith row of M_n, the following holds:

1. If n is even, then

$$P_{10}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow M_n = \begin{pmatrix} R_1 \\ \hat{R}_1 \end{pmatrix} \circledcirc \frac{n}{2}$$

2. If is odd, then

$$P_{10}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow M_n = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} R_1 \\ \hat{R}_1 \end{pmatrix} \\ \circledcirc \frac{n-1}{2} \\ R_1 \end{pmatrix}$$

■

Proof: The proof follows the same demarche adopted in Lemma 1.

Motifs of odd dimension:

Theorem 2: Let n be an odd number and $M_n = (\chi_{ij1})_{\leq i,j \leq n}$ be a motif of dimension n (where $\chi_{ij} \in \{A,B,C,D\}$), we have:

$$M_n \text{is entirely symmetric} \Leftrightarrow M_n = \begin{pmatrix} x_{11} \\ \hat{x}_{11} \\ x_{11} \\ . \\ . \\ \hat{x}_{11} \\ x_{11} \end{pmatrix} \circledcirc n$$

Proof: Let M_n be an entirely symmetric motif. According to Definition 2, all motifs $P_{ij}^{(n)}$; $0 \leq i,j \leq n$ -1; extracted from the arabesque associated to M_n satisfy (CSC), in particular $P_{01}^{(n)}$ and $P_{10}^{(n)}$. Since n is odd, according to Lemma 1 and Lemma 2, it follows that:

$$\begin{cases} P_{01}^{(n)} \in \overline{M_n} \\ P_{10}^{(n)} \in \overline{M_n} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M_n = (C_1) \circledcirc n \\ M_n = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} R_1 \\ \hat{R}_1 \end{pmatrix} \\ \circledcirc \frac{n-1}{2} \\ R_1 \end{pmatrix} \end{cases}$$

The first condition means that all column of M_n are identical and the second one expresses that their rows alternate between R_1 and its central symmetry $\acute{R}_1$, so the motif M_n has necessarily the following form:

$$M_n = \begin{pmatrix} x_{11} \\ \hat{x}_{11} \\ x_{11} \\ . \\ . \\ \hat{x}_{11} \\ x_{11} \end{pmatrix} \circledcirc n$$

It is easy to prove that this form is really an entirely symmetrical motif.

■

Remark1: For the case "n odd", the motifs entirely symmetrical admit only one variable, which is χ_{11}, that takes four values corresponding to the basic diagonally bi-colored squares. Figure 6 gives the four different patterns and the related arabesques. It is remarkable that the four motifs generate two different arabesques.

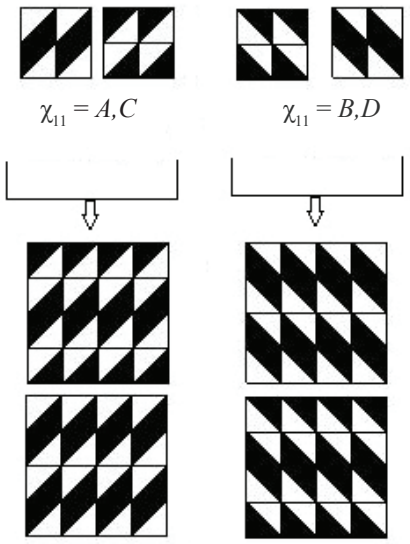


Figure 6: Odd motifs entirely symmetric and the related arabesques

Proof: It is sufficient to note that the class membership of $P_{ij}^{(n)}$ is equivalent to the fact that the motif of dimension $2n$ starting from the point of coordinates (i,j) must be the pattern associated to $P_{ij}^{(n)}$.

■

Henceforth, this relation namely $P_{n+i,n+j}^{(n)} = \hat{P}_{ij}^{(n)}$ is called: "Central Symmetry Condition" in short (CSC).

Entirely symmetrical motifs:
Symmetry is very important in Islamic motifs. In the last section, it has been proved that the central symmetry condition is equivalent to the belonging to the class. The questions that arise are threefold:

- Is it possible to find a motif M_n where all motifs $P_{ij}^{(n)}$; $0 \le i,j \le -1$; extracted from the arabesque associated to M_n satisfy (CSC)?
- Once the existence of entirely symmetrical motifs proved, how could identify them and then determine all of them?
- Does the property of entirely symmetric generates necessarily beautiful arabesques?

The object of this section is to answer all these questions.

Definition 2: A motif M_n is called "Entirely symmetrical motif" if all motifs $P_{ij}^{(n)}$; $0 \le i,j \le n-1$; extracted from the arabesque associated to M_n satisfy (CSC)**.**

In order to simplify the mathematical expressions, the following notations are adopted:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{11} & . & . & x_{11} \\ x_{21} & x_{21} & . & . & x_{21} \\ x_{31} & x_{31} & . & . & x_{31} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ x_{n1} & x_{n1} & . & . & x_{n1} \end{pmatrix} \triangleq \begin{pmatrix} x_{11} \\ x_{21} \\ x_{31} \\ . \\ . \\ . \\ x_{n1} \end{pmatrix} \circledcirc n$$

and

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1n} \\ x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1n} \\ x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1n} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ x_{11} & x_{12} & . & . & x_{1n} \end{pmatrix} \triangleq (x_{11} \quad x_{12} \quad . \quad . \quad x_{1n}) \circledcirc n$$

Lemma 1: Let $M_n = (C_1 \quad C_2 \quad \cdots \quad C_3)$ be a motif of dimension n, where C_i stands for the ith column of M_n, the following holds:
1. If n is even, then

$$P_{01}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow M_n = (C_1 \quad C_2) \circledcirc \frac{n}{2}$$

2. If n is odd, then

$$P_{01}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow M_n = (C_1) \circledcirc n$$

Proof: According to Theorem 1:

$$P_{01}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow P_{n,n+1}^{(n)} = \hat{P}_{01}^{(n)}$$

The pattern associated to the motif $M_n = (C_1 \; C_2 \; \cdots \; C_n)$ concatenated with the first column of M_n is exactly:

C_1	C_2	$\cdots$	C_n	C_1	C_2	$\cdots$	C_n	C_1
$\hat{C}_n$	$\hat{C}_{n-1}$	$\cdots$	$\hat{C}_1$	$\hat{C}_n$	$\hat{C}_{n-1}$	$\cdots$	$\hat{C}_1$	$\hat{C}_n$

The motif $P_{01}^{(n)}$ and its central symmetry, centered at point $(n,n+1)$, are represented by bold lines. It should be made clear that the scheme above is a part of the arabesque related to the motif M_n. The condition $P_{n,n+1}^{(n)} = \hat{P}_{01}^{(n)}$ is equivalent to:

$$\begin{cases} C_{n-1} = C_1 \\ C_i = C_{i+2}, \quad \forall i = 1, \dots, n-2 \\ C_n = C_2 \end{cases}$$

These conditions can be lumped into one identity:

$$C_i = C_{i+2}, \quad \forall i = 1, \dots, n$$

On the identity above, when the index $i+2$ exceeds n, it is replaced by the integer $(i+2)$ mod (n). In the case where the dimension n is odd, the relations $C_i = C_{i+2}$ for all indices i mean that all the columns of the motif M_n are identical:

the transformation $\hat{\ }$ fulfills the following:

$$M_n = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix} \Rightarrow \widehat{M}_n = \begin{pmatrix} \hat{x}_{nn} & \cdots & \hat{x}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{1n} & \cdots & \hat{x}_{11} \end{pmatrix}$$

Equivalently:

$$M_n = (x_{i,j})_{1\le i,j\le n} \Rightarrow \widehat{M}_n = (\hat{x}_{n-i+1,n-j+1})_{1\le i,j\le n}$$

The image resulting from paving the pattern associated to a motif M_n is called arabesque related to M_n. Figure 3 explains the progression from motif, to pattern to reach finally the related arabesque:

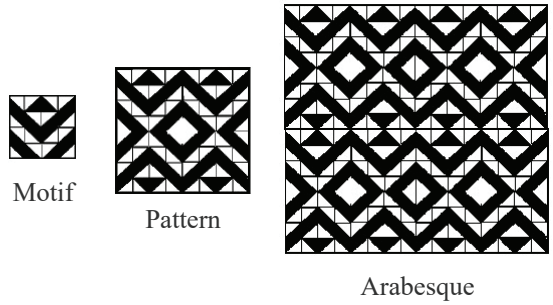


Figure 3: Example of Motif of dimension $n = 4$ and the related Pattern and Arabesque

Two different motifs may lead to the same arabesque; figure 4 explains this finding:

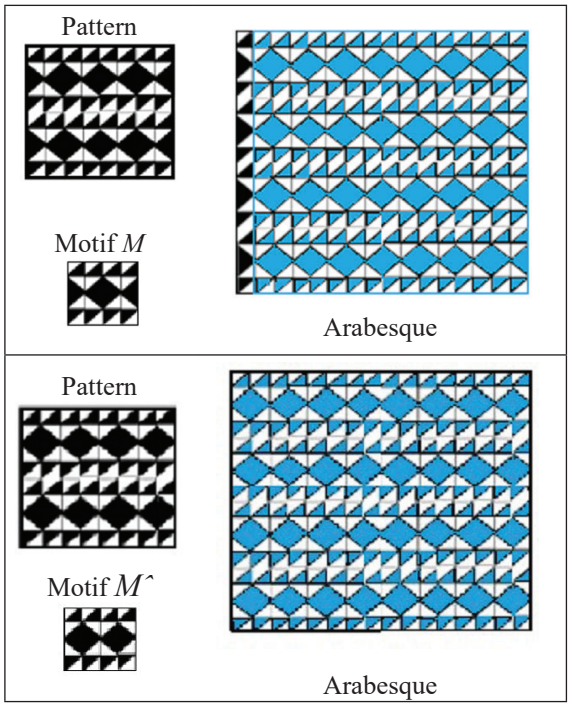


Figure 4: Two different motifs generating the same arabesque

For the arabesque, the paving is supposed to be made up to infinity; there is no border for an arabesque. In the figure 4, it is clear that the final arabesque is identical for the two different motifs M and $\acute{M}$ This ascertainment leads to define an equivalence relation on the set of all motifs of same dimension.

Equivalence relation on arabesques:

Definition 1: Let M and $\acute{M}$ be two motifs of same dimension. It is said that M is in relation with $\acute{M}$, and let write $M \ \mathcal{R} \ \acute{M}$, if and only if the arabesque related to M is identical to the arabesque related to $\acute{M}$.

Let M_n be a motif of dimension n. It is obvious that the symmetrical motif $\widehat{M}_n$ belongs always to the class $\overline{M_n}$, this latter is defined by:

$$\overline{M_n} = \{\acute{M}_n \in \mathcal{M}_n \mid M_n \ \mathcal{R} \ \acute{M}_n\},$$

Where $\mathcal{M}_n$ stands for the set of all motifs of dimension. It happens that $\widehat{M}_n = M_n$. The motifs that belong to $\overline{M}_n$ can be extracted from the arabesque related to M_n. For this purpose, let $P_{ij}^{(n)}$ denotes the motif of dimension n starting from the point of coordinates (i,j). In that way, the motif $P_{00}^{(n)}$ coincides with M_n and $P_{n0}^{(n)}$, also $P_{nn}^{(n)}$ is exactly $\overline{M}_n$. Figure 5 gives an example for n=2, where the motifs $P_{01}^{(2)}$ and its central symmetrical $P_{23}^{(2)}$ are represented by bold lines. The bullet indicates the starting point (i,j). For Figure 4, one can observe that the motif $\acute{M}$ is none other than $P_{01}^{(4)}$.

x_{11}	x_{12}	x_{11}	x_{12}	x_{11}	x_{12}
x_{21}	x_{22}	x_{21}	x_{22}	x_{21}	x_{22}
$\hat{x}_{22}$	$\hat{x}_{21}$	$\hat{x}_{22}$	$\hat{x}_{21}$	$\hat{x}_{22}$	$\hat{x}_{21}$
$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{11}$	$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{11}$	$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{11}$
x_{11}	x_{12}	x_{11}	x_{12}	x_{11}	x_{12}
x_{21}	x_{22}	x_{21}	x_{22}	x_{21}	x_{22}

Figure 5: Arabesque of M_2

Theorem 1:

$$P_{ij}^{(n)} \in \overline{M_n} \Leftrightarrow P_{n+i,n+j}^{(n)} = \hat{P}_{ij}^{(n)}$$

authors developed software that generate geometrical designs, see among others Kaplan (2000), Kaplan (2005), Al-Darwich (2011), and Sarhangi (2012). Our interest in studying arabesques, based on bicolored tiles, is purely mathematical. An equivalence relation on the set of all Truchet tiles having the same dimension is defined. The motifs entirely symmetric will be characterized then explicitly determined. Even the beauty notion, it will be investigated by mathematical tools as isometric transformations and invariance groups.

The rest of this paper is organized as follows. First, a description of the mathematical model of our arabesque is given with the terminology distinguishing between, motif, pattern, and arabesque. This is followed by enumerating all arabesques that are entirely symmetric. It will be seen that the property of "entirely symmetric" is not necessarily a synonymous of beauty. Then, an investigation on "how to measure the beauty degree" of an arabesque will be accomplished. It is worth mentioning that, this paper is part of master thesis of Al-haboob (2018), that studied combinatorial arabesque in many aspects.

MATERIALS AND METHODS

The basic element used in these arabesques is a square divided diagonally into two isometric triangles colored differently, which will be called diagonally bicolored square. This square has four possible orientations obtained by successive rotation of angle $\pi/2$. Truchet notation "*A,B,C,D*" will be used to designate these four positions.



we observe that $\hat{A}=C$ & $B\hat{}=D$, where the transformation $\hat{}$ stands for the central symmetry, centered at the south-east corner of the square. Each composition of n^2 diagonally bicolored squares having n rows and n columns is called motif of dimension n. Figure 2 gives some examples of motifs of different dimensions.

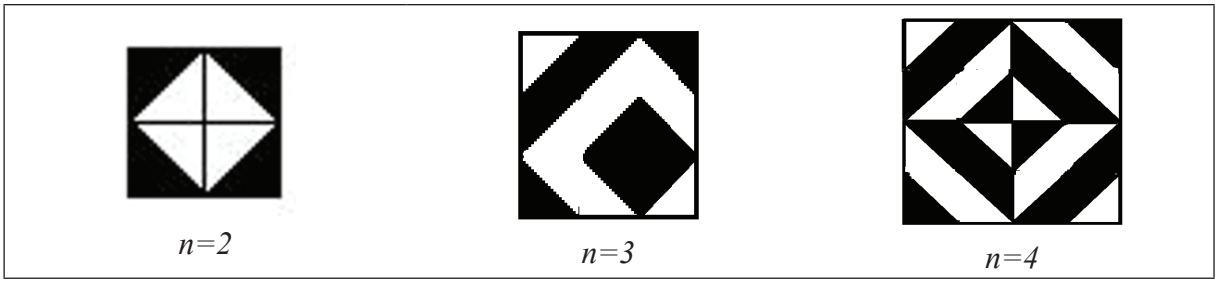


Figure2: Motifs of different dimensions

Each motif of dimension n can be expressed as a matrix $M_n = (\chi_{ij})_{1\le i,j\le n}$, where the entries χ_{ij} are in the set $\{A,B,C,D\}$. So, the number of n-dimensional motifs is equal to 4^{n^2}. We call pattern associated to motif M_n, the picture obtained by concatenating beside M_n the same motif M_n and below the central symmetry motif M_n:

$$P^{(n)} = \begin{pmatrix} M_n & M_n \\ \widehat{M}_n & \widehat{M}_n \end{pmatrix}$$

For example, if n =2, the motif M_n will be equal to, $M_2 = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} \\ x_{21} & x_{22} \end{pmatrix}$ therefore the associated pattern will be as follows:

x_{11}	x_{12}
x_{21}	x_{22}

Motif M_2

$\hat{}$

x_{11}	x_{12}	x_{11}	x_{12}
x_{21}	x_{22}	x_{21}	x_{22}
$\hat{x}_{22}$	$\hat{x}_{21}$	$\hat{x}_{22}$	$\hat{x}_{21}$
$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{11}$	$\hat{x}_{12}$	$\hat{x}_{11}$

Pattern $P^{(2)}$ related to M_2

The elements $\hat{x}_{ij}$ represent the central symmetry, centered at the center of the pattern square, of χ_{ij}. It is easily proved that

Combinatorial Arabesque: A new concept

Wjdan Alhaboob[1] and Hédi Nabli[2]

(1) Department of Mathematics, College of Science, King Faisal University Ahsa, Saudi Arabia.
(2) Department of Mathematics, Faculty of Sciences, University of Sfax,

Received 18 October 2018 - Accepted 14 March 2019

https://doi.org/10.37575/b/sci/2016

ABSTRACT

This paper is interested in developing a new application in combinatorial analysis, which will be called "combinatorial arabesque". There are many disciplines, which have a relationship with analytic combinatorics such as "Graph theory", "combinatorial optimization" and "Probabilistic combinatorics". However, applying combinatorial analysis on geometric patterns is actually a new topic and there is no previous study on this subject. This topic seems to be a simple composition of geometrical patterns, but it really uses many branches of mathematics such as counting techniques, analysis, and structural algebra related to geometric transformations. The results of this paper is two tenors, the first is mathematical by determining all of the specific kind of motifs that shall be called "Entirely symmetrical motifs". The second tenor is artistic and decorative by constructing beautiful motif from ugly one. Finally, a mathematical definition of beauty degree of a motif is given.

Key Words: Combinatorial analysis, Invariant group, Motif.

INTRODUCTION

Many scientists were interested in the arabesque and investigated this art from mathematical point of view. To the best of our knowledge, the first scientist who was interested in motifs composed only by diagonally bi-colored squares is Sébastien Truchet, a French mathematician, topographer, and engineer born in 1657 and died in 1729. These kind of motifs bear his name and are called "Truchet tiles" (Fig. 1). The work on bi-colored squares is published in 1704 and a digitized version can be found in Truchet (1704). After few years, precisely in 1722, Dominique Douat takes over the study done by Truchet and published a book, illustrating simple examples of counting via combinations and permutations, for more details see Dominique (1722). The complete works of Sébastien Truchet is recapitulated in André and Denis (1999).

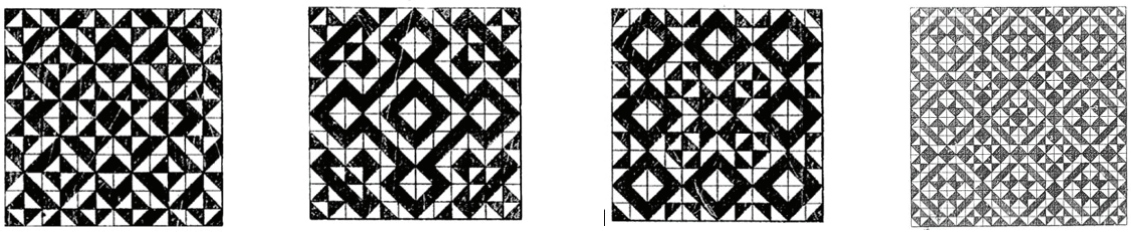


Figure 1: Some examples of Truchet tiles

Regarding recent works, Smith (1987) proposed alternatives for Truchet tiles with only two possible orientations instead of four, resulting to binary coding. Lord and Ranganathan (2006) gave three-dimensional generalizations. Reimann (2009) developed techniques to create text by mean of Truchet tiles having two circular arcs. Krawczyk (2011) extended the bi-colored square to other shapes, not necessarily separated in color at the diagonal. The attention paid to geometric patterns in general, and especially Islamic ones, has different issues. Broug (2019) explains in details the traditional ruler and compass constructions. Lu and Steinhardt (2007) studied the design of Islamic geometric patterns by means of a set of five tiles, called Girih tiles. Many

Agriculture

- **Effects of Replacing Pectin with Date Pits Powder in Strawberry Jam Formulation**
  Nashi Khalid Alqahtani 135
- ***In vitro* Assessment of ZnO Nanoparticles on *Phoenix dactylifera* L. Micropropagation**
  Khairullah M. Awad, Ahmed M. W. Al-Mayahi, Mazin A. Mahdi, Ahmed S.M. Al-Asadi, and Mohammed H. Abass 149
- **Phytotoxic Effects of *Calotrois procera* (Aiton) W.T. Leaves Aqueous Extract on Seed Germination of some Cereal Crops Using Probit Analysis**
  Awadallah B. Dafa allah and Salwa G. Osman 163

Engineering

- **Handicapped Wheelchair Movements Using Discrete Arabic Command Recognition**
  Khalid M.O. Nahar, Moyawiah al-shannaq, Rafat Alshorman, Ra'ed M. Al-Khatib, Mohammad Ashraf Ot.tom..... 171

Table of Contents

Arabic Section

Sciences

- **Four Band Electromagnetic Waves Absorber Using Negative Refractive Index Materials (Metamaterials)**
  Khalid Saeed Lateef Al-Badri and Fahad Qasim Muhammad 1

Agriculture

- **Morpho-physiological Behaviors of some Wheat Cultivars under Water Deficit Stress**
  Samir Abou-Isba, Mohammad Soliman, Lubna Mokrani, and Maysoun Saleh 13
- **Efficiency Test of *Sinorhizobium fredii* Local Isolate Biofertilizer on Growth and Yield of Cowpea *Vigna unguiculata* L.**
  W. M. Mahdi and A. E. S. Alkurtany 29
- **Line Regeneration from Stressed Callus in Three Potato (*Solanum tuberosum* L) Varieties and Evaluation of Their Salinity Tolerance**
  Rima Massa, Fahed Al-Biski, Khalil Al-Maarri 41

Engineering

- **The Interior Design General Taste Characteristics of Contemporary Housing in the Kingdom of Bahrain**
  Udai Ali Al-Juboori 55

English Section

Sciences

- **Combinatorial Arabesque: A new concept**
  Wjdan Alhaboob and Hédi Nabli 67
- **Kinetic Analysis of ZnO Filled PVA-LiCl: Three Phase Electrolyte**
  Abdullah F. M. Al Naim 77
- **ACC Deaminase-Containing Rhizobacteria from Rhizosphere of *Zygophyllum coccineum* Alleviate Salt Stress Impact on Wheat (*Triticum aestivum* L.)**
  Ashraf Y. Z. Khalifa, Ashraf Metwally, Rebai Ben Ammar 89
- **Green Synthesis and Characterization of TiO2 Nanoparticles Using *Aloe Vera* Extract at Different pH Value**
  Magda. S. Hanafy, Doaa. A. Abdel Fadeel, Mohammed. A. Elywa, Nermeen. A. Kelany 103
- **DFT Studies of New Class of Single-Headed Nucleosides Derived from the D-glucaric Acid**
  Sarah Amara, Noureddine Tchouar and Adil A. Othman 111
- **Electronic Properties of Cellulose Through Molecular Modeling Technique for Wastewater Treatment**
  Abdel-baset H. Mekky, Abdulaziz. S. Alaboodi 127

(Eds.) Proceedings 5th Ovarian Workshop. Champaign, IL-USA.

Conferences and meetings abstracts:

Campbell, B.K., Scaramuzzi, R.J., and Webb, R. 1993. IGF-1 stimulates oestradiol production in sheep, both *in vitro* and *in vivo*. J. Reprod. Fert., Abstr., series number 12. Abstr. No 23.

Tables:

Tables should be numbered and have a summarized self – explanatory title above it. Footnotes should be written below the table and must be brief. Tables should be typed and, organized vertically (if possible) so that they can be read without turning the page. Tables must be mentioned with it's numbers within the text before it is presented. Allways refer to the tables using its numbers. Table location should be as close as possible to its first time citation in the text. Tables numbering should be sequential as they appear in the text.

Figures:

Figures should be numbered and have a summarized self – explanatory title below it. Figures include all types of drawings, photographs, graphical presentation of data, and curves. They should be organized vertically (if possible) so that they can be examined without turning the page. Images should be placed as close as possible to its first time citation in the text. Its numbering should be sequential as they appear in the text. Figures must be mentioned with it's numbers within the text before it is presented. allways refer to the figures using it's numbers. An additional copy of each image should be attached in jpeg format. In curves and graphical presentation of number, unless you requested color printing of the paper, it is preferred to use patterns for lines and bars that can be easily recognized in black and white printing. Avoid using close colors pattern as much as possible.

Abbreviations:

International conventional abbreviations; such as cm, mm, km, and %, should be used instead of their respective full words (centimeter, millimeter, kilometer and percentage, respectively). It is recommended to use the metric system. If other systems were used, metric equivalent should be put in parenthesis. Local measuring units should be avoided unless necessary. If such units were used, the equivalent value of international units should be given when it is first mentioned in the text.

Footnotes:

Footnotes are used to provide necessary or additional information if needed. Numbers of footnotes in the text should be consecutive within each page and written in superscripts (placed in parenthesis). References to cited works in the footnotes should follow the style of referencing in the text and should be included in the reference list. Footnotes should be set as footnotes on their respective pages using the specific command of the word processor.

Offprint:

Sole or principal author will receive twenty offprints of the published article free of charge.

Subscription and correspondence:

Subscription and all types of correspondence should be addressed to the Editor in Chief.

Referral:

Authors should consult the university by-laws for publication and translation guidelines not mentioned here.

Manuscript submission

1. Manuscripts and all correspondence for Humanities and Management Sciences should be sent to the Journal e-mail: sjkfu-hm@kfu.edu.sa
2. Manuscripts and all correspondence for Basic and Applied Sciences should be sent to the Journal e-mail: scijkfu@kfu.edu.sa

Manuscripts can also be sent to the journal address:

Editor in Chief
The Scientific Journal of King Faisal University
King Faisal University
P.O. Box 400
Al-Ahssa 31982
Kingdom of Saudi Arabia
Fax: 966135801257

Key Words:
A maximum of six words (arranged alphabetically in both languages) indicating the paper main fields of interest. Key words must not be used in the title.

INTRODUCTION
It should briefly review previous work ordered from the oldest to the newest. It should end by a statement indicating what the current work will add to knowledge of the subject. Scientific work extracted from thesis should be clearly indicated. Introduction must not be lengthy. Use name- year system throughout the whole text. For References within the text, if the citation has one or two authors, cite the author last name(s) and the date (King and Mark, 2011). Citation of references that has more than two authors at the beginning of the sentence should be as e.g. "Al-Ghamdy *et al.* (2012) reported that…". Those citations at the end of the sentence should be as e.g. (Al-Mansour *et al.*, 2012). If multiple citations is used for one specific point, list them from the oldest to the newest.

MATERIALS AND METHODS
It should contain detailed information about the methodology, data collection, statistical analysis (if applicable). This part should not reinstate details of referenced techniques unless the work actually modified the old ones (in this case, refer to the source method and explain only detail modifications of the old techniques).

RESULT AND DISCUSSION
This section could be presented in two separate parts if needed. It must present the findings of the work in forms of tables, figures, and / or wording. Such data should be interpreted using scientific evidences to reach a conclusion. Rewriting the same data in several forms should be avoided to keep the manuscript size within limit. Referring to own findings as "in harmony with those of…." without explanations, is not advised. Sudden end of results and discussion text without conclusion or recommendations is not recommended.

ACKNOWLEDGMENT(S)
Acknowledgment is written when needed particularly when financial support is provided for the work or when someone who is not on the authors list offered special assistance.

REFERENCES
- References list of the journal follows the Harvard reference style. References must be ordered alphabetically without sequential numbering in one list regardless of the reference type (book, article bulletin, etc.).
- Journal titles should follow 'The World List of Scientific Periodicals'.
- For Arabic reference listing, please refer to the Arabic version of this document.
- If multilingual references are used start with manuscript language references followed by the other language.
- Avoid using other journals formats, typographical errors where names or years does not match those in the text, and listing of incomplete publishing data. Do not use "*et al.*," on the list.
- Internet sources should include full web site address that leads to the specific reference in addition to its retrieval date, along with full detail of the reference (see references examples).
- Compact disks (CD) should not be used unless it has an ISBN number.
- Multiple references of the same first author should be arranged according to his last name, followed by the second author last name, and followed by older publishing year.
- If multiple references of the same author(s) are published in the same year used in the text, mark them as a, then b and so on, according to their order of appearance within the manuscript.

Examples of references writing format (Must be followed literally):

Internet document:
Fonseco, M. 2013. Most common reason for Journal rejections. Accessed on 12- 12-2013 from: http://www.editage.com/insights/most-common-reasons-for-journal-rejections.

Journals:
Basiouni, G. F., Khalid, M., and Haresign, W. 1996. Effect of bovine follicular fluid treatment and progesterone priming on luteal function in GnRH-treated seasonally anoestrous ewes. Animal Science. 62(3): 443-450.

Books:
Haresign, W. 1983. Sheep Production. Butterworths, London.

Chapters within books:
Haresign, W., McLeod, B.J., and Webster, G.M. 1983. Endocrine control of reproduction in the ewe. pp. 353-379. *In* : Haresign, W. (Ed.) Sheep Production. Butterworths, London.

Dissertation:
Al-Shihry, S.S. 1993. Optically active photochromic fulgides. PhD Thesis. University of Wales, Cardiff, UK.

Conferences, proceedings and workshops:
Barano, J.L.S., and Hammond, J.M. 1985. Studies of action of FSH or progesterone secretion by immature granulosa cells maintained in serum-free conditions. pp. 345-350. *In* : Toft, D.O., and Ryan, R.J.

Authors Basic Guidelines

- Manuscripts can be submitted in Arabic or English. For English manuscripts, an Arabic translation of the title, authors' names & affiliations, abstract and key words should be included and vice versa for Arabic manuscript.
- Translation must be accurate. Unprofessional translation will not be accepted.
- Manuscripts that contains products' advertising, do not follow scientific methods, or legally offend others, are not accepted.
- The views expressed in the manuscript reflect the views of the author(s) only.
- Manuscripts will be published only after being refereed and accepted for publication.

Manuscript handling

- The author must fill the declaration form sent by the journal that states (his/her/their) responsibility regarding the scientific content, the originality of the work and that it is not previously published, nor submitted for publication anywhere else.
- The manuscript is reviewed to make sure it matches the journal format. Improper format are marked.
- Plagiarism is determined using Ithenticate® program.
- The author is informed of any comments that requires modifications before resubmitting the manuscript for official acknowledgment of reception.
- The editorial board primarily evaluates the manuscript to decide its validity for referral by two referees. The journal adopts double blind system of refereeing and no-conflict of interest policy.
- The author is fully responsible for any scientific misconduct. The Editorial Board will not be responsible for any undetected plagiarism.
- If opposite decisions were reported by the referees, the manuscript will be sent to a third referee for a conclusion. Publishing decision will be one of the following:
  1. Accepting the manuscript as is.
  2. Accepting after minor modifications.
  3. Requesting major modifications and resubmitting to the referee.
  4. Rejection.
- For cases 2 and 3, after performing any needed modifications, the manuscript is returned to the journal with a list of performed modifications. Author(s) must give reasons for any unmodified comments.
- The editorial board examines the manuscript after modification to decide its illegibility for publishing. The editorial board has the right to edit the manuscript with the consent of the author in addition to any proofreading modifications.
- Upon fulfilling the above-mentioned steps, a draft of the final manuscript is sent to the author for his approval before publishing.
- After the author's approval, the journal issues the acceptance letter.
- Once the manuscript is approved for publishing, the same manuscript should not be published in any other form or language unless the chief editor grants a written permission.
- The journal issues are posted on the journal web site: http://www.kfu.edu.sa/ar/departments/sjournal/pages/home.aspx

Preparation of Manuscripts:

Pages:

- The manuscript should not exceed 30 pages for humanities and management sciences or 20 pages for basic and applied sciences. Review articles (summarizing others work with no scientific addition made by the author) should not exceed 40 pages with a minimum of 50 references cited.
- A4 pages must be used with 2.5cm Margins. English manuscripts must be typed at a 1.5 line spacing using Times New Romans font size 12. Arabic manuscripts must be typed at a 1.5 line spacing using Simplified Arabic font size 14. This is applied to all Arabic text including verses of Quran, Prophet Mohamed (peace be upon him) sayings, or similar quotes.

The main parts of the text are:

- Title, author (s) names and affiliation (s), abstract in manuscript language, key words in manuscript language, introduction, materials and methods, results and discussion, acknowledgement (if needed), references, second language title, second language author (s) names and affiliation (s), second language abstract, second language key words.
- Font levels may not exceed three for the main title, sub, and sub-sub titles.

Title

- Title should be written in English and Arabic.
- Title must be as short as possible and clearly indicates the core of the work. Twelve to fifteen words are suitable. Avoid using vague words that cannot give impression about the work context.
- Names of author (s) should be in normal order (first, middle, and last name), followed by their affiliation, and communication address.
- Corresponding author should be identified.

ABSTRACT

- Abstract should be written in both languages. It must be brief and clearly indicates the importance of the work, aim, the methodology used to conduct the work, main results, and recommendations. The abstract should not exceed 250 words.
- If a questionaire is used in the work, a statement regarding its evaluation before application should be included.

Executive Editorial Board

Editor in Chief
Prof. Ghazi F. Basiouni

Associate Editorial Board
Prof. Shar S. Al-Shihry (chairman)
Prof. No'man M.Haimour
Prof. Dr. Seif E. M. Abdalgadir

Proofreading
Prof. Adel M. Abousalama
Dr. Ali K. Abdullatif
Dr. Abdelrahim F. Ismail

Technical Editing
Fadel Mohammad Al-Amer
Ibrahim Jawad Al-Abdullah
Khalid Ibrahim Albraih
Salah Abdulaziz Al-Mohameed

Website administrator
Abd Rab Alameer S. Al-Boali

Secretary
Husain M. Al-Hadlag

The Scientific Journal of King Faisal University

The scientific Journal of King Faisal University is a semi-annual refereed scientific journal issued under the guidance of the University Scientific Council. Its first issue was published on 1420H-2000G. The journal publishes two separate issues: Humanities and Management Sciences issue, and Basic and Applied Sciences issue printed on June and December, The latter is indexed in (CABI) and (SCOPUS) international databases.

Aims and Scope

The objective of the journal is to provide researchers with opportunity to publish their original studies, review articles, book reviews, and letters to the editor in addition to selected topics by invitation in two separate publications in the field of Basic and Applied Sciences, and Human and management Sciences.

Postal Address

Editor in Chief
Scientific Journal of King Faisal University
P.O.Box 400 Al-Ahssa 31982
Kingdom of Saudi Arabia

Tel. 966 (13) 5895236 , 5895237 & 5895238

Fax. 966 (13) 5896129

E.Mail : scijkfu@kfu.edu.sa

I.D. NO: 0843/22
ISSN: 1658 - 0311
EISSN: 1441-196

King Faisal University Press - Al-Ahssa

All Scientific articles in this issue are refereed.
All rights are reserved to Scientific Journal of King Faisal University. No part of the journal may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or via storage or retrieval systems without written permission from Editor in Chief.
All articles published in the journal represent the opinion of the author (s) and do not necessarily reflect the views of the journal.

Scientific Journal

of King Faisal University

(Basic & Applied Sciences)

A Refereed Scientific Journal

Vol. 21 - Issue 1
June 2020 (1441 H)

The journal is available at the website
www.kfu.edu.sa/en/departments/sjournal/pages/home.aspx

The Journal is indexed in CABI and SCOPUS data bases

SJKFU

Scientific Journal
Of King Faisal University

Vol.21 - Issue 1 - June 2020 - 1441H

Four Band Electromagnetic Waves Absorber Using Negative Refractive Index Materials (Metamaterials)
Khalid Saeed Lateef Al-Badri and Fahad Qasim Muhammad

Morpho-physiological Behaviors of some Wheat Cultivars under Water Deficit Stress
Samir Abou-Isba, Mohammad Soliman, Lubna Mokrani, and Maysoun Saleh

Efficiency Test of Sinorhizobium fredii Local Isolate Biofertilizer on Growth and Yield of Cowpea Vigna unguiculata L.
W. M. Mahdi and A. E. S. Alkurtany

Line Regeneration from Stressed Callus in Three Potato (Solanum tuberosum L) Varieties and Evaluation of Their Salinity Tolerance
Rima Massa, Fahed Al-Biski, Khalil Al-Maarri

The Interior Design General Taste Characteristics of Contemporary Housing in the Kingdom of Bahrain
Udai Ali Al-Juboori

Combinatorial Arabesque: A new concept
Wjdan Alhaboob and Hédi Nabli

Kinetic Analysis of ZnO Filled PVA-LiCl: Three Phase Electrolyte
Abdullah F. M. Al Naim

ACC Deaminase-Containing Rhizobacteria from Rhizosphere of Zygophyllum coccineum Alleviate Salt Stress Impact on Wheat (Triticum aestivum L.)
Ashraf Y. Z. Khalifa, Ashraf Metwally, Rebai Ben Ammar

Green Synthesis and Characterization of TiO2 Nanoparticles Using Aloe Vera Extract at Different pH Value
Magda. S. Hanafy, Doaa. A. Abdel Fadeel, Mohammed. A. Elywa, Nermeen. A. Kelany

DFT Studies of New Class of Single-Headed Nucleosides Derived from the D-glucaric Acid
Sarah Amara, Noureddine Tchouar and Adil A. Othman

Electronic Properties of Cellulose Through Molecular Modeling Technique for Wastewater Treatment
Abdel-baset H. Mekky, Abdulaziz. S. Alaboodi

Effects of Replacing Pectin with Date Pits Powder in Strawberry Jam Formulation
Nashi Khalid Alqahtani

In vitro Assessment of ZnO Nanoparticles on Phoenix dactylifera L. Micropropagation
Khairullah M. Awad, Ahmed M. W. Al-Mayahi, Mazin A. Mahdi, Ahmed S.M. Al-Asadi, and Mohammed H. Abass

Phytotoxic Effects of Calotrois procera (Aiton) W.T. Leaves Aqueous Extract on Seed Germination of some Cereal Crops Using Probit Analysis
Awadallah B. Dafa allah and Salwa G. Osman

Handicapped Wheelchair Movements Using Discrete Arabic Command Recognition
Khalid M.O. Nahar, Moyawiah al-shannaq, Rafat Alshorman,
Ra'ed M. Al-Khatib, Mohammad Ashraf Ot.tom

This title is indexed in CAB Abstracts

Scopus

Basic and Applied Sciences
العلوم الأساسية والتطبيقية

BAS

KFU Press - 5550 -H