



مجلة

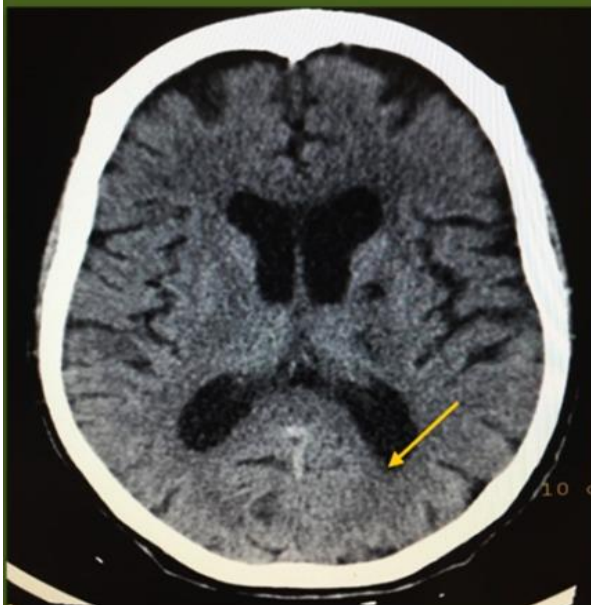
المختار للعلوم

AL-Mukhtar Journal of Sciences

Volume: 38

Issue: 2

2023



ISSN:26-17-2178 (Print)

ISSN:26-17-2186 (Online)

دار الكتب الوطنية - رقم الإيداع القانوني 2013-280

مجلة المختار للعلوم



جامعة عمر المختار

البيضاء، ليبيا

مجلة علمية محكمة، المجلد الثامن والثلاثون، العدد الثاني، 2023

تصدر عن جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

مجلة المختار للعلوم

رقم الايداع في المكتبة الوطنية 2013/280/بنغازي

جميع حقوق محفوظة للمؤلف (المؤلفون) ، وتخضع جميع البحوث المنشورة بالمجلة لسياسة الوصول المفتوح (المجاني) ويتم توزيعها بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0)، والذي يسمح بالنسخ وإعادة التوزيع للأغراض غير التجارية.

جامعة عمر المختار - البيضاء - ليبيا

مجلة محكمة تصدر عن جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
مجلة علمية محكمة، المجلد الثامن والثلاثون، العدد الثاني، 2023

بريد إلكتروني: omu.j.sci@omu.edu.ly

ص.ب. 919 البيضاء - ليبيا، فاكس: +218 69 463 7053

EDITORS & STAFF

Editor-in-Chief

Ali A. Bataw

Faculty of Science, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Co-Editors-in-Chief

Hamdi A. Zurqani

Faculty of Natural Resources, University of Arkansas at Monticello, AR, USA

Yasser Aldali

Faculty of Engineering, University of Derna, Libya

Editors

Abdulaziz H. Alahlafi

Faculty of Medicine, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Muftah Hamad Abdulhadi

Faculty of Medicine, Benghazi University, Libya

Abdulsalam F. Elfowiris

Faculty of Pharmacy, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abdul Qayoom Mir

Faculty of Medicine, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Arwa Benkhaial

Faculty of Pharmacy, Benghazi University, Libya

Nourz A. Gheriani

Faculty of Medicine, Benghazi University, Libya

Aeid A. Abdulrazeg

Faculty of Engineering, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Farhat I. Abubaker

Faculty of Engineering, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Moutaz A. Elgammi

Faculty of Engineering, University of Derna, Libya

Nwara A. Mohamed

Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Kamla M. Abdul Rahim

Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abdulsalam A. Albukhari

Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Khaled M. Hussin

Faculty of Veterinary, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Esam O. Abdulsamad
Faculty of Science, Benghazi University, Libya

Houssein M. Elbaraasi
Faculty of Science, Benghazi University, Libya

Nuri H. Badi
Faculty of Science, Benghazi University, Libya

Muna M. Agbali
Faculty of Science, Omar Mukhtar University, Libya

Rafiq H. Almaghairbe
Faculty of Science, University of Derna, Libya

Ruqayet M. Rashid
Faculty of Education, Zawia University, Libya

Galal M. Elmanfe
Faculty of Science, Omar Al Mukhtar University, Libya

Ghazi S. M. Khammash
Faculty of Science, Al-Aqsa University, Khan Younis, Gaza Strip, Palestinian Authority

Hoda M. Mohamed
Faculty of Science, Al Noor College, Mosul, Iraq

Copyeditor

Fadil ELmenfi
Translation Studies, Istanbul Nisantasi University, Turkey

Mariam E. Abdulla English language proof reader

Ibtisam K. Idris Arabic language proof reader

Editorial Board

Ali A. Banigesh
Faculty of Medicine, University of Saskatchewan, Canada

Saeed A. Adheem
Faculty of Medicine, University of Tobruk, Libya

Abdullatif M. Amneena
Faculty of Medicine, University of Derna, Libya

Abdallah A. Juwid
Faculty of Medicine, Misrata University, Libya

Khalifa Saif Sultan Al-Jabri
Faculty of Engineering, Sultan Qaboos University, Sultanate of Oman

Abdelaziz A. Gamil
Faculty of Engineering, Cranfield University, UK

Farzad Hejazi

Faculty of Engineering, University of Putra- Malaysia

Yavuz Yardim

Faculty of Engineering, University of Edinburgh, U.K.

Abdalhamid S. Alhaddad

Faculty of Natural Resources, University of Misurata, Libya

Arul Jothi

Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Mettupalayam Pondicherry- India

Mohammed H. Mahklouf

Faculty of Science, University of Tripoli, Libya

Ayad F. Alkaim

Faculty of Science, University of Babylon -Iraq **Rabe Abdalkareem**

Faculty of Science, Carleton University, Ottawa, ON, Canada

Wasan S. Hussain

Faculty of Science, Mosul university, Iraq

Nidaa A. Abbas

Faculty of Science, University of Babylon - Iraq

Sofyan A. Taya

Faculty of Science, Islamic University of Gaza, Gaza Strip, Palestinian Authority

Zaki A. Al-Mostafa

King Abdulaziz City for Science and Technology, Kingdom Saudi Arabia

Khaled S. Etayeb

Faculty of Science, Tripoli University, Libya

Ehmed Elyan

Faculty of Agriculture, Suez Canal University, Egypt

Ali M. El-Khoreiby

Faculty of Agriculture, Suez Canal University, Egypt

Mohamed Ahmed Hamoda

Faculty of Science, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya

Mohamed Shebl

Faculty of Agriculture, Suez Canal University, Egypt

Advisory Committee

Ibrahim S. Milad, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Fowad S. Ekraim, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya **Ibrahim A.**

Azzaga, Faculty of Agriculture, University of Sabah, Libya

Monier A. Sharif, Faculty of Veterinary, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Amira M. Al-Rawi, Faculty of Science, Al-Mosul University, Iraq

Mohamed A. Saed, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Malik R. UL- Islam, Shere e Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology,
Kashmir - India

Salem A. Elshatshat, Faculty of Science, Benghazi University, Libya

Essra G Alsammak, Faculty of Science, Al Mosul University, Al Mosul, Iraq

Ibrahim M. Eldaghayes, Faculty of Veterinary, University of Tripoli, Libya

Omar M. Al-Senussi, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya **Abdelsalam M.**

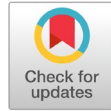
Maatuk, Faculty of Science, University of Benghazi, Libya

Amjad A Mohammed, Faculty of Science, Al-Mosul University, Iraq

Support Team

Fawzia Fathi Abdullah Designer

Papers	Pages
Morphological and Histological Studies of Anogenital Scent Glands of Egyptian Jerboa <i>Jaculus Orientalis</i> Salma A. Abuser	104-112
Evaluation of Diagnostic Value of Computed Tomography in Headache Patients in Benghazi Hawa M. Hawla Faisal M. Shembesh Mohammed Buzgheia Ossama El-factory Murshed H. Haidar Ibrahim M. M. Elomami Mustafa A Karwad Narges M. Elzaidi Azza El Saddiek Greiw	113-123
Approximate Solution for Fractional Black-Scholes European Option Pricing Equation Asma Ali Elbeleze	124-133
Estimation of Annual Gonadal Dose Equivalent in Some Livestock Food in Libyan Markets Asma M. AL-abrdi Areej Hazawi Salha D. Y. Alsaadi Randa H. Abdullah	134-139
The Constructions of the Square Complex of a Diagram Group from a Graphical Presentation Kalthom M. Alaswed	140-149
ISSR Analysis to Detect Genetic Variation Among Some Lentil Genotypes in Syria Rehab Al-Mousa Shahinaz Abbas Alaa Alshaal Khouzama Kountar	150-159
Nesting Traps to Collect Solitary Cavity-Nesting Hymenoptera Hamida B. Mirwan	160-172
Hybrid Dual Quadrature Rules Combining Open and Closed Quadrature Rules Enhanced by Kronrod Extension or Richardson's Extrapolation for Numerical Integration Haniyah A. M. Saed Ben Hamdin Faoziya S. M. Musbah	173-188
Record of <i>Sordaria fimicola</i> Causing Dieback on <i>Juniperus phoenicea</i> in Al-Jabal Al-Akhdar – Libya Ayhaab A. Zaetout Nwara A. Mohamed Mohamed A. Saeed	189-195
Isolation and Identification of the Pathogen of Apple Scab disease Jabal Al Akhdar Area, Libya Nwara A. Mohamed Majduldeen F. Albarani Mohammed A. Saeed	196-200
Reference Evapotranspiration Mapping of Libya Ali Alagab Ikhneifir Hafid M. Y. Bubareek Fouad M. H Balomi	201-214
Study of Absorption Spectrum of Murexide Complex with Cobalt Ion in a Water and 2-Propoanol Solvent Mixture Salima Al-Seddik Al-Darwish Khaled M. Elsherif Ahmed Zubi Zainab Y. Alzalouk Rafallah M. Atiya	215-224
Effect of Vermicompost and Mineral Fertilizers on Growth and Productivity of Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.) Under Homs-Syria Conditions Salwa Saadea Fadi Abbas Hassan Al-Shbatt Dima Al-Seed	225-235
Effect of Different Plant Growth Regulators on Somatic Embryogenesis Induction from Immature Female Inflorescences of Date palm cv. Bronsi Khalifa M. Milad Abdusaalam Ben hamida Zuher bensaad	236-244



Morphological and Histological Studies of Anogenital Scent Glands of Egyptian Jerboa *Jaculus Orientalis*

Salma A. Abuserer

Department of Zoology, Faculty of Science, Tripoli University, Libya

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 6 October 2022</p> <p>Accepted: 1 June 2023</p>	<p>Abstract: Rodents depend on the scent glands and their chemical secretions that stimulate the behavior of the same species and other predators in natural environments. The great Egyptian jerboa <i>Jaculus orientalis</i> were obtained between Ajdabiya and Benghazi, eastern Libya to reveal their morphological and histological constituents. Because there are few studies on this subject, the morphological and histological details of the anogenital region glands of adult male and female <i>Jaculus orientalis</i> will be described in this study. The anesthetized animal with diethyl ether was dissected then the skin around the anogenital region and one-third of the anal canals were excised and fixed in 10% aldehyde formalin, dehydration, and embedded, then serially sectioned 5µm was cut, stained with eosin, hematoxylin, and trichrome for microscopic examination. A huge circumferential aggregation of modified compound branched sebaceous glands that permeate the submucous and are infused into the internal sphincter muscle layer of the anal canal, with secretory canals that drain to the anal canal orifice's most outer. The preputial glands of male and clitoris glands of female were anatomically appeared in the form of small, separate, scattered, and different sizes of follicular glands and histologically formed compound branched acini sebaceous glands surrounded by connective tissue. However, these results may drop some light on the role of these glands in the scent-marking behaviors of males and females of <i>Jaculus orientalis</i>.</p>
<p>Keywords: Rodents, Scent Glands, Preputial Gland, Perianal Gland, Anal Gland.</p>	

دراسات ظاهرية ونسجية لغدد الرائحة الشرجية التناسلية للجربوع المصري *Jaculus orientalis*

<p>الكلمات المفتاحية : القوارض، غدد الرائحة ، غدد القافة ، الغدد حول الشرج ، الغدد الشرجية</p>	<p>المستخلص : تعتمد القوارض على غدد الرائحة، وإفرازاتها الكيميائية التي تحفز سلوك النوع نفسه، والحيوانات المفترسة الأخرى في البيئات الطبيعية. تم الحصول الجربوع المصري الكبير <i>Jaculus orientalis</i> من المناطق التي بين إجدابيا وبنغازي شرق ليبيا، للكشف عن التراكيب المورفولوجية، والنسجية لغدد الرائحة، نظراً لندرة الدراسات حول هذا الموضوع. تم وصف التفاصيل المورفولوجية لغدد المنطقة الشرجية التناسلية للذكور، والإناث البالغين للـ <i>Jaculus orientalis</i> في هذه الدراسة، وللدراسة النسجية تم تشريح الحيوان المخدر بإيثير ثنائي إيثيل ثم نزع الجلد حول المنطقة الشرجية التناسلية مع استئصال ثلث القناة الشرجية، وتنشيتها في ألدهيد فورمالين 10٪، جففت العينة في الكحول الإيثيلي التصاعدي، الترويق بالزليلين، وتم التضمين في البارافين، ثم قطعت بسلك 5π، صبغت بالإيوسين، والهيماتوكسيلين، والتريكرول للفحص المجهرية. يحتوي جلد العانة على تجمع ضخ من الغدد الدهنية الحويصلية المتفرعة المتحورة، المتخللة في الطبقة تحت المخاطية، والمغروسة في طبقات العضلة العاصرة الداخلية للقناة الشرجية، تصب إفرازاتها في القناة الشرجية خلال القنوات الإفرازية. أيضاً ظهرت غدد القلفة في الذكور، وغدد البظر في الإناث تشريحياً على شكل غدد جرابية صغيرة، منفصلة، متناثرة، مختلفة الأحجام، ونسجياً عبارة عن غدد حويصلية دهنية متفرعة متحورة، محاطة بحافظة من النسيج ضام، وتصب إفرازاتها مع الشعرة في منطقة العانة عن طريق قنوات مبطنة بخلايا طلائية حرشفية متقرنة. قد تلقي هذه النتائج بعض الضوء على دور هذه الغدد في الترقيم بالرائحة، و مشاركتها في سلوك الذكور والإناث.</p>
---	--

INTRODUCTION

Scent glands are found in almost all mammals, they secrete chemicals that enable

animals communicate with one another. The morphological and histological differences between scent glands vary depending on the animal, gland location, size, and secretion

*Corresponding author: Salma A Abuserer: Salma_Abuserer@Hotmail.com, Department of Zoology, Faculty of Science, Tripoli University, Tripoli, Libya.

technique. Some scent glands are found within the skin's tissue structure, whereas others are found as specialized organs beneath the skin (Vaughan, 1986; Arakawa et al., 2008; Ralls, 1971; Harriman & Thiesen., 1985; Ferkin & Leonard, 2005; Shimozuru et al., 2006; Janda et al., 2019; Yousef et al., 2022).

The chemical compositions secreted by the scent glands play an important role in the different behaviors of male and female rodents and Ferrets, Rabbits, Muskrat; these secretions may cause different effects in the attraction of females to males and vice versa, but the response varies depending on the quantity and quality of glandular secretions issued by males and females, as well as other sources of smell (Zhang et al., 2017; Shimozuru et al., 2006; Quesenberry et al., 2020; Xie et al., 2022).

According to previous studies many mammals have scent glands surrounding the anogenital region of rodents in general, rats and mice in particular, which are distinct types of modified sebaceous holocrine glands that create sebum materials such as the preputial gland, which is located in the prepuce of males, the clitoral gland, which is located in the clitoris area of females, the perianal or circumanal glands, and anal glands, that release secretions with urine in addition to the odors of the urine compounds themselves, can all be used as scent marking glands. (Ferkin and Johnston, 1995; Cloe, 2004; Arakawa et al., 2007; Arakawa, 2008; Mshiriet al., 2009; Yoshizawa, 2018; Ferkin, 2018; Sialiti, 2021). While both the anal, and the perianal glands in Guinea Pig, and *Caviaaperea* are situated in the anal sinus area and the two glands are differ in histological structure and size in males and females based on sexual activity and dominance (Arakawa et al., 2007; Herrera, 1992; Zechman et al., 1984).

Trevor et al., (1981) and Budberg, (1983) also revealed that the perianal gland in some

carnivores consists of one or more lobes, each histologically composed of modified sebaceous glands, and each lobe drains through small openings on both sides of the anus. Also, the anal scent gland in *Crocutacrocuta* is a swollen anal sac located above the anus and its secretions are used to mark the territory, (Woodmansee et al., 1991), while *Mephitidae* contains two or three lobes of anal scent glands located on both sides of the anus, secreting an unpleasant odor when attacked by a predator (Heidt and Morgans 1982). As well as (Helder and Fremuller, 1995; Helder Jose et al., 2016) describe the anatomical and histological structure of the periaanal scent gland in the Brown four-eyed opossum / *Metachirusnudi caudatus* as consisting of two lobes of the gland, one located to the right of the anal canal and the other to the left of it, which affects the mating sexual behavior of the animal, as well as cloacal of Brand's hedgehog consists of the sweat and populated sebaceous glands (Akbariet al., 2020).

However, the recent studies about the anatomical and histological structure of the scent glands, which are related to the same-genus rodents in Libya, *Jaculus jaculus*, described scent glands anatomically and histologically, the perianal glands are composed of several sebaceous glands of different sizes, modified, located in the around the anal region, which are compound acini glands surrounded by a capsule of areolar connective tissue that drains outward on the skin of the anogenital area (Mshiri et al., 2009). Also, in another study (Mshiri et al., 2013) on the skin glands of *Ctenodactylus gundi*, it contains two types of scent glands; The first is large modified sebaceous glands connected to the coarse hair wall around the pubic area (prepuce) and (clitoris) in males and females, respectively, and the second glands are consists of three lobes located around the anus (perianal), both of which are structurally compound branched acini with holocrine secretion, surrounded by compound tubular glands of apocrine that

drain their secretion to the exit through a special duct, generally the skin glands and especially sebaceous glands providing about 90% of its surface lipids (Hoover et.al., 2022).

However, based on what was before mentioned in the previous studies and continuation of the scientific journey, this study aimed to further explore the anatomical and histological structure of the scent glands in the Great Egyptian Jerboa *Jaculus orientis*.

MATERIALS AND METHODS

For this investigation, twenty male and female *Jaculus orientis* were captured in the fields between Ajdabiya and Benghazi in eastern Libya Figure 1. The adult male and female animals were anesthetized and slaughtered then placed in a container containing water and ice at a temperature of about five degrees centigrade for 30 min for animal desensitization. The macroscopic aspects of the anogenital region of adult male and female glands were observed fresh under a stereomicroscope (LEICA ES2) and dissected the anogenital area; perianal with one third of anal canal and pubic skin patch, then the removed pieces of skin were positioned in cassettes and then fixed by immersion in a 10% formaldehyde solution and preservation for at least 24 hours. This study was authorized by the System of Authorization and Information on Biodiversity and was certified by Tripoli University/ Zoology department.

longitudinal and transverse cuts across the samples to analyze their morphology under light microscopy. The samples were rinsed in running water for 30 min before being dehydrated in a series of increasing ethanol concentrations (from 70% to 100%), clearing in xylene, embedded in paraffin. Sections were made with thickness of 5 - 6 μ m using microtome (LAB-MR500). Following that sections were stained with hematoxylin and eosin (H&E) to examine general features and Masson's trichrome stain to examine connective

tissue collagen fibers, according to the standard method in Culling, C.F.A. (1963). The slides were observed using light microscope and photographed using a digital camera. The capture images were being used to examine.



Figure. (1) the geographical distribution of the Egyptian jerboa *Jaculus orientis* in North Africa. [http://www. Jaculus orientalis - \(7ywn.com\)](http://www.Jaculus orientalis - (7ywn.com)).

RESULTS

Gross Anatomy: Regardless of gender, all of the Egyptian great jerboa (*Jaculus orientis*) specimens examined have scent glands in the anogenital area Fig. 2 (A); perianal, anal and prepuce glands; which are clitoral glands in females and preputial glands in males. The skin around the female and male genital orifice appears structurally slight grainy in the form of small irregularly sized protrusions of various shapes in prepuce region. They were oval and circular, with dense pale coloration and powerful scents when handled. The perianal glands were tiny protrusions that surrounded the anal orifice and contained low-density greasy hair, as shown in Fig. 2 (B and C), but anatomically anal glands are invisible.

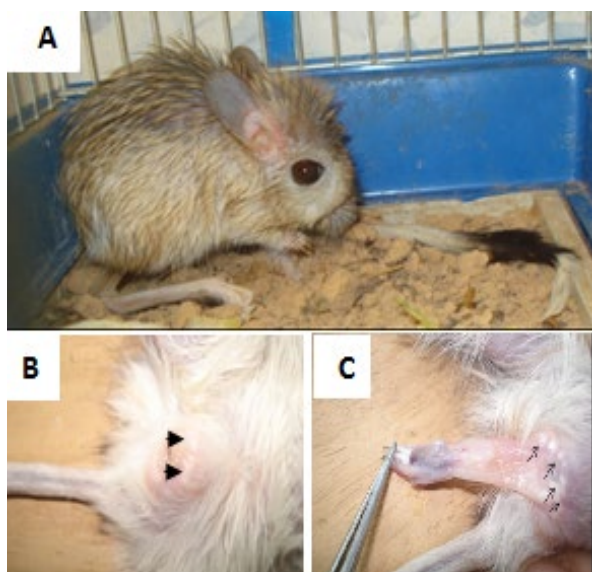


Figure. (2). A, Great Egyptian jerboa *Jaculus orientis*, B and C the different masse, shape and size of prepuce glandular, B, clitoris glands in female and C, preputial glands in male arrows.

The histological ultrastructure of the scent glands

First: the anal and perianal are group of separated glands located in the mucosa and submucosal layer of the anal canal and anus (which are compound branched acini) sebaceous glands) with holocrine secretion Fig.3 (A, B and C), each gland is consisting of mature acini with pale and shattered cells, immature acini which consisting of dark stained cells. Also, the acini are surrounded by a capsule of connective tissue that rich in collagen fibers Fig.3 (C and D).

'secretions were drained through a central canal lined with stratified non-keratinized epithelial cells that opened within the anal canal to expel their secretions with excreta. The glandular acini cells' secretions are drained by displacement with the aid of myoepithelium cells surrounding the acini, as shown in Fig.3 (D), as well as the skeletal muscles of the anal canal as shown in Fig.3 (B and C).

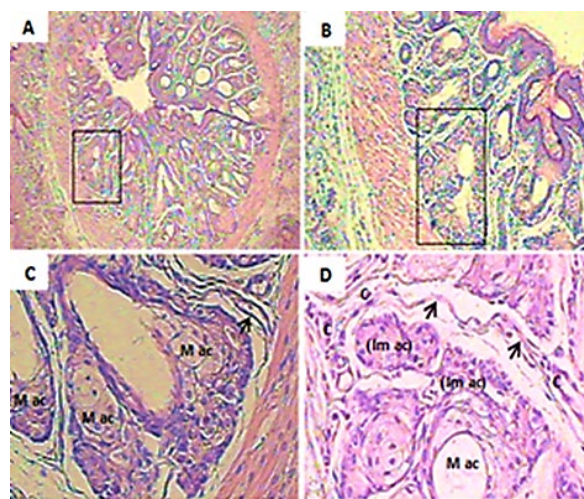


Figure. (3). A, B and C, shows the various structures of large modified sebaceous glands in the mucosal and submucosal layer of the anal canal (H, E and Trichrome, 10X, 20X and 40X respectively). D, shows mature glandular acini (M ac) consisting of pale and shattered cells, immature glandular acini (IM ac) consisting of dark stained cells. C, capsule consisting of areolar connective tissue with myoepithelial cells (arrows, H & E 40X).

It also contains a group of modified sebaceous glands of the holocrine type that are distributed between the longitudinal and circular skeletal muscle layers of the anal sphincter structure. These glands are encapsulated in a thick outer capsule of skeletal muscles that is considered part of the anus Fig.4 (A and B). In addition, each of these glands is encased by an inner capsule composed of areolar connective tissue, from which the trabeculae subdivide the glands lobes into lobules as in Fig.4 (B and C). Each gland is made up of a cluster of glandular lobes; each glandular lobe is made up of a cluster of glandular lobules, which includes a glandular acinus that made up of two types of cells: basal flattened cells with clear basophilic stain central nuclei, mature cells with unclear nucleus and rich in fatty substances and other ruptured cells Fig.4 (C). The secretions of the acini drain into the lateral secretory ducts, which are lined with unkeratinized stratified squamous epithelium and then into the central canal, which is lined with unkeratinized stratified squamous epithelium. The central canal ends

at the anus orifice, which is lined with a keratinized stratified squamous epithelium Fig.4 (D).

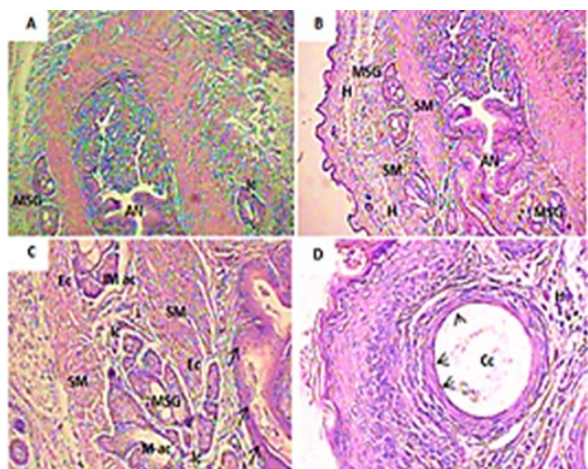


Figure. (4). Perianal glands large modified sebaceous glands (MSG), **A** and **B**, circumferential arranged around the anus (AN), between the anal orifices sphincter muscles (SM) and in hypodermis (H). **C**, the gland is surrounded by an external capsule (Ec) and the internal capsule (Ic). the mature acinus (M ac) is consisted of pale cells and shattered cells, and immature acini (IM ac) consisting of dark stained cells. **D**, central canal is lined by the keratinized stratified squamous epithelial tissue arrow. **A**, (H&E and Masson's Trichrome) and **B**, **C** and **D** (H&E) (20X, 20X, 20X and 40X).

Second: Prepuce glands (preputial and clitoral glands): Prepuce glands are a protrusion consisting of various shapes lobes of a large separate modified sebaceous gland Fig.5 (A, B and C) which are surrounded by areolar connective tissue, forms the outer capsule of each glands Fig.5 (A and C). Each glandular lobe is made up of glandular lobules consisted of acini that are made up of immature, mature, and exploding cells Fig.5 (E and F). All glandular acini are linked to the lateral secretory ducts these ducts are lined by unkeratinized stratified squamous epithelium. Their secretions drain into the main ducts, which is lined by unkeratinized stratified squamous epithelial cells Fig.5 (C, E and F) and the keratinized stratified squamous epithelium towards the peripheral orifices of the main ducts Fig.5 (D), the secretions of these glands are drained through the main ducts of each gland on the surface of the skin of the prepuce. However, each gland connected with hair which

secretions flow to the outer surface of the prepuce the secretion is displaced by the help of myoepithelial cells) surrounding the glandular acini Fig.5 (B). Secretion is displaced by the help of myoepithelial cells that are surrounding the glandular acini Fig.5 (B).

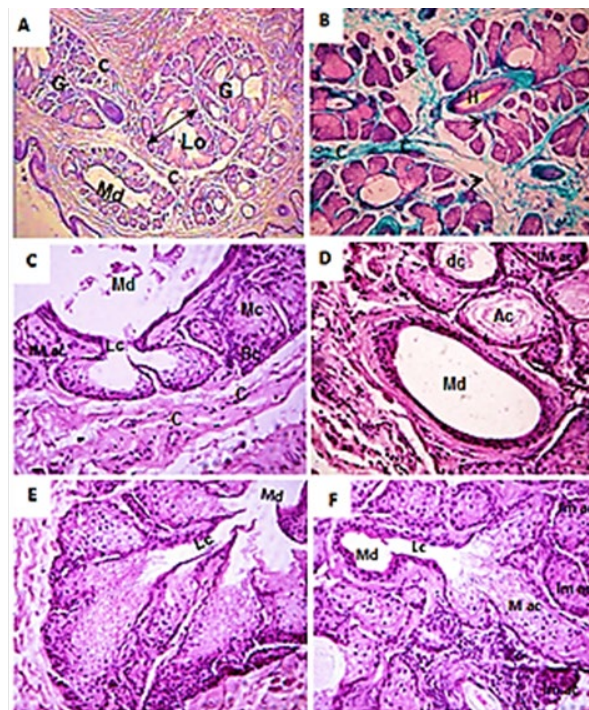


Figure. (5). **A**, the various large modified sebaceous glands in the prepuce. **B**, each gland consists of many lobes (Lo) connected with hair (H), and lobe subdivided to lobules that are surrounded by a areolar connective tissue containing myoepithelial cells (arrows). **C**, the gland surrounded by dense connective tissue capsule (c) rich in collagen fibers. **C**, **D**, **E** and **F**, each lobule is consisting of mature glandular acini (M ac) consisting of pale cells and disruption cells (dc) and immature acini (IM ac) consisting of dark stained cells, the lateral ducts (Lc) and the main duct (Md) lined with unkeratinized and keratinized stratified squamous epithelium. (**A**, **C**, **D**, **E** and **F** stained with (H&E), 20X, 20X and 40X) (**B** stained with (Masson's Trichrome) 10X).

DISCUSSION

The anatomically study of the great Egyptian jerboa *Jaculus orientis* indicated the presence of glandular masses of numerous shapes arranged around the genital area, randomly arranged in the prepuce of the male and the clitoris of the female. This result agreed with the

results that mentioned by (Mshiri et. al., 2009; Nelson and Thiboul, 2012) in terms of the locations of the preputial glands in Libyan *Jaculusjaculus* as well as with the skin glands of the foreskin *Ctenodactylus gundi* (Mshiri et. al., 2013), while it differed anatomically with what Previously published on the location of the foreskin gland in the Norwegian rat *Rattus norvegicus* and the white laboratory rats *Rattus rattus*, where the preputial gland consists of two glands resembling a ball racquet, surrounded by a thick capsule and drained its secretions through the urethra of the male and female organ (Mshiri et. al., 2005; Yoshizawa, 2018).

The histological study of the anal and the skin of the genital region (uroano-genetal) organ of the great Egyptian *Jaculus orientis* have two types of scent glands were found; the anal glands which are located in the mucous and submucosal layer of the anal canal surrounded by areolar connective tissue and the perianal glands which are a group of separate glands located between the muscular layer around the anus and each gland is surrounded by a layer of skeletal muscle serve as capsules, both of which are modified sebaceous glands with holocrine secretion however this result agree with the findings regarding the anal scent glands in carnivores as they are consists of compound modified sebaceous glands (Budberg, 1983 Trevor et al., 1981), while contradicted with the histological structure of the anal glands of *Ctenodactylus gundi* which are consist of compound sebaceous glands with holocrine secretion and compound tubular glands with apocrine secretion (Mshiri et. al., 2013).

Also this result differs with the anal scent glands of skunks, which are composed of two or three lobes and the glandular tissue consists of compound tubular alveolar glands with apocrine secretion (Heidt and Morgan, 1982), and differ with the anal pouch (acini) glands of aardwolf *Proteles cristatus* that are histologically consists of compound tubular glands with apocrine secretion (Stoeckelhuber et al.,

2000). Also, it's differs from the Brand's hedgehog cloacal populated sebaceous gland (Akbari et. al., 2020). In addition, the current study indicates that each gland of the prepuce area is composed of lobes and each lobe composed of lobules, and each lobule consists of acini which are consist of immature, mature cells. The acini of the gland are connected to the lateral and central canal that lined with unkeratinized stratified squamous epithelial cells. The orifice of the central duct is lined with keratinized stratified squamous epithelium. The secretions displacement with the help of myoepithelial cells surrounded the acini, this finding is agreed with the results of the histological structure of the prepuce skin in Libyan gerbil *Jaculus jaculus* (Mshiri et. al., 2009), while disagree with the foreskin of the gundi *Ctenodactylus gundi* (Mshiri et. al., 2013) and also with foreskin of the Norway rat *Rattus norvegicus* and white rat *Rattus rattus* (Yoshizawa, 2018; Mshiri et al., 2005).

CONCLUSION

The anatomical and scatological characteristics of the scent glands are differed slightly between males and females of the same species and also differ between species but no specific model has been described, necessitating additional research in the same area as well as more through studies to comprehend the transmission of animal behaviors and to increase the local database in Libya.

ACKNOWLEDGEMENT

The facilities used by the author were supplied by the Department of Zoology Faculty of Science at the University of Tripoli, Libya, which is gratefully thanked. The author also acknowledges Dr. Mshiri's, Zoology department, Faculty of Science at Tripoli University in Libya provided the facilities that the author used, and they are really appreciative.

ETHICS

The permission for animal ethics and Behavioral Science were taken from the Zoology

department at the University of Tripoli.

Duality of interest: have no duality of interest associated with this manuscript.

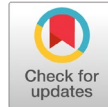
Funding: No specific funding was received for this work; this work was supported by author and the zoology department of Tripoli University ”

REFERENCES

- Arakawa, H., Arakawa, K., Blanchard, D. C., & Blanchard, R. J. (2007). Scent marking behavior in male C57BL/6J mice: sexual and developmental determination. *Behavioural brain research*, 182(1), 73-79.
- Arakawa, H., Blanchard, D. C., Arakawa, K., Dunlap, C., & Blanchard, R. J. (2008). Scent marking behavior as an odorant communication in mice. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(7), 1236-1248.
- Bazm, M. A., Goodarzi, N., Abumandour, M., Naseri, L., & Hosseinipour, M. (2020). Histological characterisation of the skin of the *Paraechinus hypomelas*, Brandt, 1836 (Erinaceidae: Eulipotyphla). *Folia morphologica*, 79(2), 280-287.
- Budsberg, S., & Spurgeon, T. (1983). Microscopic anatomy and enzyme histochemistry of the canine anal canal. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 12(4), 295-316.
- Cloe, A., Woodley, S., Waters, P., Zhou, H., & Baum, M. (2004). Contribution of anal scent gland and urinary odorants to mate recognition in the ferret. *Physiology & behavior*, 82(5), 871-875.
- Culling, C. F. A. (1963). Handbook of histopathological techniques (including museum technique).
- Ferkin, M. H., & Johnston, R. E. (1995). Meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*, use multiple sources of scent for sex recognition. *Animal Behaviour*, 49(1), 37-44.
- Ferkin, M., & Leonard, S. (2005). Self-grooming by rodents in social and sexual contexts. *Dong wu xue bao.[Acta Zoologica Sinica]*, 51(5), 772-779.
- Ferkin, M. H. (2018). Odor communication and mate choice in rodents. *Biology*, 7(1), 13.
- Harriman, A. E., & Thiessen, D. D. (1985). Harderian letdown in male Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) contributes to proceptive behavior. *Hormones and behavior*, 19(2), 213-219.
- Heidt, G., and Morgans, L. (1982). Comparative Histology of the Scent Glands of Five Species of Skunks. *J Anat*, 134:1: 121-7. PMID: 7076538 PMCID: PMC1167942.
- Helder-José, H., & Freymüller, E. (1995). A morphological and ultrastructural study of the paraoccal (scent) glands of the marsupial *Metachirus nudicaudatus* Geoffroy, 1803. *Cells Tissues Organs*, 153(1), 31-38.
- Herrera, E. A. (1992). Size of testes and scent glands in capybaras, *Hydrochaeris hydrochaeris* (Rodentia: Caviomorpha). *Journal of Mammalogy*, 73(4), 871-875.
- Hoover E, Aslam S, Krishnamurthy K. Physiology, Sebaceous Glands. 2022. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan- Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499819/>

- Janda, E. D., Perry, K. L., Hankinson, E., Walker, D., & Vaglio, S. (2019). Sex differences in scent-marking in captive red-ruffed lemurs. *American Journal of Primatology*, 81(1), e22951.
- Jiang, Y., Han, X., Feng, N., Jin, W., Zhang, T., Zhang, M., Shi, M., Zhang, B., Liu, S., & Hu, D. (2021). Androgen plays an important role in regulating the synthesis of pheromone in the scent gland of muskrat. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 106026-106026.
- Jones, T. R., & Plakke, R. K. (1981). The histology and histochemistry of the perianal scent gland of the reproductively quiescent black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*). *Journal of Mammalogy*, 62(2), 362-368.
- Mshiri, O., Abuser, S. (2005). Histological architecture of the Norway rat *Rattus norvegicus* preputial glands. *J. of Basic and applied Sciences*, 15 (1): 212-223.
- Mshiri, O., Khali, L., Abuser, S. (2009). Anatomical and Histological investigation of preanal glands of Jerboa (*Jaculus jaculus*). *J. of Basic and applied Sciences*, (1)19: 74-86.
- Mshiri, O. A., & Berim, N. S. (2013). Scent Glands of Gundi (*Ctenodactylus gundi*). 3rd International Conference on ecological, *Environmental and Biological Sciences*,
- Nelson, A. M., and Thiboutot, D. M. (2012). Biology of Sebaceous Glands. Goldsmith LA, Katz SI, Gilchrist BA, Paller As, Leffel DJ, Wolf K, Fitzpatrick, *Dermatology in General Medicine*. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 893-6.
- Pignon, C., Mayer, J., Quesenberry, K., Orcutt, C., Mans, C., & Carpenter, J. (2020). Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery.
- Ralls, K. (1971). Mammalian Scent Marking: Mammals mark when dominant to and intolerant of others, not just when they possess a territory. *Science*, 171(3970), 443-449.
- Sialiti, S. (2021). "Overview of Sebaceous Glands". *J Dermatol Dis Open Access*. Volume 08: 324 .
- Shimozuru, M., Kikusui, T., Takeuchi, Y., & Mori, Y. (2006). Scent-marking and sexual activity may reflect social hierarchy among group-living male Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Physiology & behavior*, 89(5), 644-649.
- Simões, M. J., & Freymüller, E. (2016). Testosterone modulation of the male marsupial *Metachirus nudicaudatus* perianal (scent) glands. *Zoomorphology*, 135, 375-385.
- Stoekelhuber, M., Sliwa, A., & Welsch, U. (2000). Histo-physiology of the scent-marking glands of the penile pad, anal pouch, and the forefoot in the aardwolf (*Proteles cristatus*). *The anatomical record*, 259(3), 312-326.
- Vaughan, T. A., & Vaughan, R. P. (1986). Seasonality and the behavior of the African yellow-winged bat. *Journal of Mammalogy*, 67(1), 91-102.
- Woodmansee, K. B., Zabel, C. J., Glickman, S. E., Frank, L. G., & Keppel, G. (1991). Scent marking (pasting) in a colony of immature spotted hyenas (*Crocuta crocuta*): a developmental study. *Journal of Comparative Psychology*, 105(1), 10.

- Xie, W., Mu, S., Zhong, J., Zhang, C., Zhang, H., Wang, X., & Weng, Q. (2022). Mass Spectrometry Imaging of Lipids in the Scent Glands of Muskrat (*Ondatra zibethicus*) in Different Reproductive Statuses. *Cells*, 11(14), 2228.
- Yoshizawa, K. (2018). Specialized Sebaceous Glands—Zymbal's Gland, Preputial Gland, Clitoral Gland, and Perianal Gland. In *Boorman's Pathology of the Rat* (pp. 347-365). Elsevier.
- Yousef, H., Alhajj, M., & Sharma, S. (2022). Anatomy, Skin (Integument). *Epidermis. StatPearls. Treasure Island (FL)*.
- Zechman, J. M., Martin, I. G., Wellington, J. L., & Beauchamp, G. K. (1984). Perineal scent gland of wild and domestic cavies: bacterial activity and urine as sources of biologically significant odors. *Physiology & behavior*, 32(2), 269-274.
- Zhang, F., Liu, Q., Wang, Z., Xie, W., Sheng, X., Zhang, H., Yuan, Z., Han, Y., & Weng, Q. (2017). Seasonal expression of oxytocin and oxytocin receptor in the scented gland of male muskrat (*Ondatra zibethicus*). *Scientific Reports*, 7(1), 16627.



Evaluation of Diagnostic Value of Computed Tomography in Headache Patients in Benghazi

Hawa M. Hawla¹, Faisal M. Shembesh¹, Mohammed Buzgheia¹, Ossama El-fatory¹, Murshed H. Haidar¹, Ibrahim M. M. Elomami², Mustafa A Karwad^{2*}, Narges M. Elzaidi¹, Azza El Saddiek Greiw²

¹Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Benghazi, Libya

²Department of Anatomy and Embryology, Faculty of Medicine, University of Benghazi, Libya

ARTICLE HISTORY	Abstract: Headache is the most common complaint faced by physicians. Referring these cases for a computed tomography (CT) scan requires awareness of red flags in the history and examination by physicians. An assessment of the diagnostic utility of CT among headache patients will help determine the most prevalent causes of headache and identify those who get benefit from it. is to find out the proportion of cranial abnormalities in patients with headache without neurologic abnormalities with the use of a CT scan. Also, to illustrate the most common causes of headache in these patients. This study was carried out among 217 patients with isolated headache who underwent a plain, non-contrast enhanced CT of the brain and para-nasal sinus (PNS). The median age was 34 years. The most prevalent age group was between 20 and 39 years old. The most common cases were females. The female to male ratio was 1.5:1. The most frequently occurring cases in 2012 came from the ear, nose, and throat (ENT) department. The paranasal sinuses (PNS) scan was used by 58.53%, and the brain scan was used by 41.47%. The normal scan was 55.3% and the positive scan was 44.7%, which was further categorized into minor incidental findings (17.97%) and significant abnormalities (26.73%). Abnormal findings represent 44.7% of cases. The most common major abnormality was sinusitis. An equal proportion (3.45%) of major abnormalities included sino-nasal polyposis, chronic small-vessel ischemic changes, a suspicious brain tumor, and a suspicious nasopharyngeal mass.
Received: 16 October 2022	
Accepted: 25 April 2023	
Keywords: Computed Tomography, Headache, Abnormalities, Para-Nasal Sinus.	

تقييم القيمة التشخيصية للتصوير المقطعي في مرضى الصداع ببغhazi

الكلمات المفتاحية : التصوير المقطعي، صداع ، تشوهات ، الجيوب الأنفية.	المستخلص : الصداع هو الشكوى الأكثر شيوعاً التي يواجهها الأطباء. وتحتاج إحالة هذه الحالات إلى التصوير المقطعي (CT) إلى الوعي بالعلامات الحمراء للتاريخ المرضي، والفحص الكلينيكي من قبل الأطباء. سيساعد تقييم المنفعة التشخيصية للتصوير المقطعي بين مرضى الصداع لتحديد الأسباب الأكثر انتشاراً للصداع، وتحديد أولئك الذين سيستفيدون منها. وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة نسبة اعتلالات القحفية لدى مرضى الصداع دون وجود اضطرابات عصبية مسبقة، وذلك باستخدام الأشعة المقطعية، ولاستبيان الأسباب الأكثر شيوعاً عند مرضى الصداع. أجريت هذه الدراسة على 217 مريضاً بمتوسط اعمار 34 عاماً، يعانون من صداع مجرد، وخضعوا للتصوير المقطعي غير المعزز بالصبغة للدماغ، والجيوب الأنفية (PNS). تراوحت الفئة العمرية الأكثر انتشاراً بين 20 و 39 عاماً. الحالات الأكثر شيوعاً هي الإناث. حيث كانت نسبة الإناث إلى الذكور 1.5 : 1. وكانت أكثر الحالات إحالة في عام 2012 من قسم طب وجراحة الأنف والأذن والحنجرة. تم إجراء المسح المقطعي للجيوب الأنفية (PNS) على 58.53% من الحالات، وفحص الدماغ 41.47% من الحالات. كان المسح الطبيعي 55.3%، والمسح الإيجابي 44.7%، والذي تم تصنيفه إلى نتائج عرضية طفيفة (17.97%)، واضطراب كبير (26.73%). وكانت النتائج غير الطبيعية تمثل 44.7% من الحالات. كان التهاب الجيوب الأنفية هو الاضطراب الرئيسي الأكثر شيوعاً (86.2%). نسب متساوية (3.45%) من حالات الاضطرابات الكبرى المدرجة؛ داء السلائل الأنفية، والتغيرات الدماغية المزمنة للإقفار التروي للأوعية الدموية الصغيرة (الاحتشاء الجوبي)، والاشتباه بأورام الدماغ، واشتباه الكتلة الأنفية-البلعومية.
---	---

*Corresponding author: Mustafa A Karwad: karwad_mustafa@yahoo.com , Department of Anatomy and Embryology, Faculty of Medicine, University of Benghazi, Libya

INTRODUCTION

Headache is an almost universal experience and the most common medical complaint. Headache complaints are highly prevalent worldwide, and they are the most common nervous system complaints. Headache affect individuals of all ages, races, socioeconomic levels, and geographical areas. Headaches affect patients most commonly between the ages of 25–55 years (Stovner et al., 2007). The overall lifetime prevalence was estimated to range from 0.2%–60% for headaches of any kind in adults (Stovner et al., 2007; Stovner & Andree, 2010). Headaches account for about 2% of all patient complaints in the emergency room (ER) (Edlow et al., 2008). The cause varies from a trivial nuisance to a serious disease. However, only about 10% of patients were due to secondary causes (Buljčik-Čupić & Savović, 2007; Perkins & Ondo, 1995). Physicians are confronted with the question of whether or not it is necessary to do radiological imaging to confirm a distinct diagnosis. Although most of the patients with chronic or recurrent headache have no neurologic abnormality, many patients are evaluated with CT and, more recently, magnetic resonance imaging (MRI) to exclude an underlying cause (Tsushima & Endo, 2005).

Different studies have confirmed the low yield of different imaging studies of isolated headache unaccompanied by other neurologic findings. Also showed a low yield of CT scan for these patients (parameter, 1994; Sempere et al., 2005). Headache disorders are classified into many types and subtypes, but a small number of them impose most of these burdens. To make a clinical and economic decision, it is important to differentiate between a primary headache without an underlying abnormality and a secondary headache; associated with an underlying pathology. Sometimes it is difficult to discriminate between primary and secondary headaches. Since the primary headache does not need brain imaging because no underlying

cause exists, Primary headaches, which include migraine, tension-type headache (TTH), are benign and usually recurrent. Underlying organic diseases ranging from benign conditions like sinusitis to serious causes like subarachnoid hemorrhage (SAH) cause secondary headaches. A detailed headache history and a good neurological and general physical examination should help in deciding which patients need a CT scan of the brain to find out the underlying pathology (Clinch, 2001). At times, despite the absence of a red flag, the brain CT scan is sought to calm the anxiety of the patient and their relatives. However, this raises the issue of the radiation dose to the patient (Garvey & Hanlon, 2002). Due to the unavailability and higher cost of MRI, CT is requested more frequently. When the value of negative results is not considered, the costs of headache imaging are usually overstated (Tsushima & Endo, 2005). Mismanagement and overuse of headache medications are major risk factors for problem aggravation. Headache disorders are underestimated, and headache remains under-recognized and under-treated worldwide. However, no data exist in our country about the use of CT for the evaluation of headaches with normal neurological findings. The CT usage needs to be in balance with the radiation dose. As CT is a highly useful tool for diagnostic purposes, it should not replace actual history-taking and clinical examinations. These steps may limit the cost and load on health care systems.

MATERIALS AND METHODS

Study design: This descriptive retrospect review of radiology records by reviewing the CT findings of patients complain of headache those referred to CT scan unitat Benghazi Medical Center (BMC).

Study period: The study included all radiological records of headache cases during the period from January 2012 to December 2013.

Study setting: This study undertaken at CT scan unit, Radiology Department- BMC, which is located in Benghazi. BMC is the largest tertiary referral, governmental and teaching hospital in Benghazi. It receives referred patients from different departments in the center, such as; neurology, neurosurgery and ear, nose and throat departments. In addition, the center receives patients from various referral clinics in Benghazi, as well as patients from all surrounding areas of Benghazi. The BMC Radiology Department staff consultants, specialists and technicians are well qualified and well trained.

Study population: The study included 217 headache cases referred for CT scan who underwent non-contrast CT scan brain and/or PNS during the study period.

Inclusion criteria: All patients of all age groups who were complaining of headache referred for CT scan.

Exclusion criteria: Patients with head injury, previous intracranial intervention, malignancy and the patients with neurological deficit were excluded from the study.

Study tools:

Equipment: Phillips CT scan of 64 slices model used for all referred patients. The scans obtained by special parameters' technique such as Helical set with cut thickness of one millimeter or less. The exposure settings that have been used is 120 KVP with 359 mAs. The medical CT scan images in coronal and axial planes were visualized and studied using the equipment screen.

Radiological requests: All CT requests of headache cases during the study period reviewed thoroughly for collection of required data.

Administrative approval: The director of BMC had approved the study before starting collection of data and the approval of the head of Radiology Department. All data

were accessible from the patient's medical radiological records at the CT unit.

Data processing procedures / analysis:

The collected data fed through the computer using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for Windows version 18. The analysis of data done in the form of descriptive statistics as calculating mean, median, mode and Standard deviation (SD). The data then presented in tabular and graphical forms.

RESULTS

The study carried out among 217 subjects of any age groups investigated during the study period. The median age of the studied cases with headache was 34 years. The youngest age was 8 years and the eldest was 73 years. Their mean \pm SD was 35.82 ± 13.63 years. As presented in table 1. The most prevalent age group among cases was between 20 and 39 years representing 57.6% and the least prevalent age group was aged less than 10 years (0.9%), as in table 2. Regarding gender distribution, females had the highest proportion (60.8%) among cases who were complaining of headaches. The male patients represent (39.17%), and the female to male ratio (F:M = 1.5:1).

Table (1). Descriptive statistics of age of cases complaining of headache.

Descriptive statistics of age	Age in years
Mean	35.82
Median	34.00
Mode	30.00
Std. Deviation	13.63
Minimum	8.00
Maximum	73.00

Table (2). Age category of headache cases.

Age category	Frequency	Percent
1 st	2	0.9
2 nd	16	7.4
3 rd	60	27.6
4 th	65	30.0
5 th	33	15.2
6 th	23	10.6
7 th	13	6.0
8 th	5	2.3
Total	217	100.0

Table 3 shows that the most common age group frequently complaining of headache ranging from 20-59 years. The groups between 20- 39years represented by females nearly (55.2%) and males (44.8%). Females represents higher proportion compared to males in all age groups.

Table (3). The age category regarding the gender of patients presenting with headache.

Age group (in years)	Sex		Total
	Male	Female	
<20	7(38.9%)	11(61.1%)	18 (8.3%)
20-39	56(44.8%)	69(55.2%)	125(57.6%)
40-59	19(33.9%)	37(66.0%)	56(25.8%)
≥60	3(16.6%)	15(83.3%)	18(8.3%)

The CT unit of Radiology Department receives referred patients from different departments. The most frequently referring departments were ENT (47.9%) followed by neurosurgery (27.1%) and neurology (24.8%) as shown in Fig. (1).

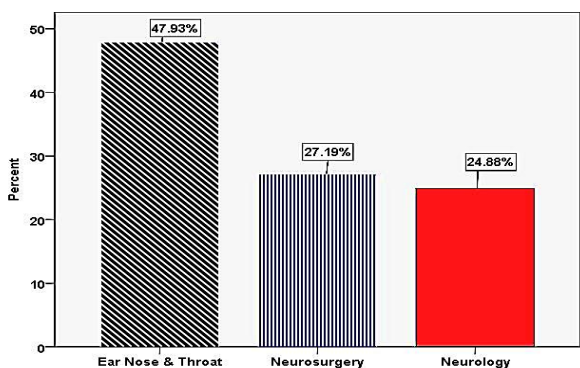


Figure (1). Distribution of headache cases according to the referral headache departments.

The data were retrieved from the patient's medical radiological records archives between January 1st 2012 up to December 31st, 2013. The highest proportion of cases were recorded in the year 2012 (62.67%) compared to 2013 (37.3%) as shown in Fig. (2).

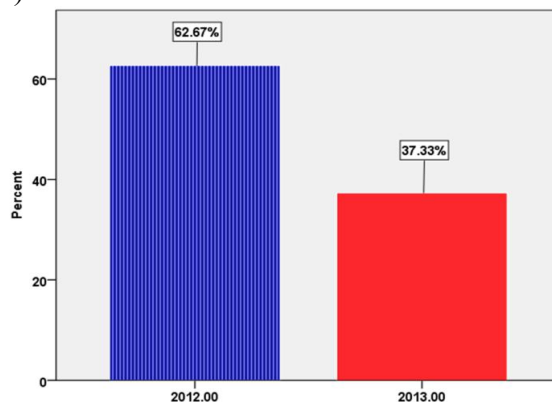


Figure (2). Distribution of cases according to years of investigation.

Fig. (3) illustrates that more than half (58.53%) of headache, patients had PNS CT scan and 41.47% of the cases underwent non-contrast CT scan for brain.

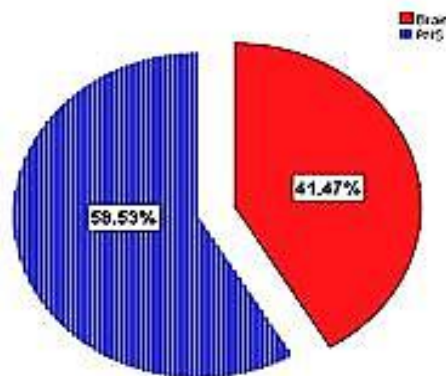


Figure (3). Anatomical site of CT conducted for headache cases.

Fig (4) illustrates that 55.3 % of referred cases were normal and 44.7 % had abnormal findings. These abnormal findings were further divided to minor abnormality such as deviated nasal septum, maxillary retention cyst and absence of frontal sinus represents 18% of the total referred cases and cases with clinically significant abnormalities, e.g. Lacunar infarction, sinusitis. This cate-

gory represents 26.7% of the total referred cases.

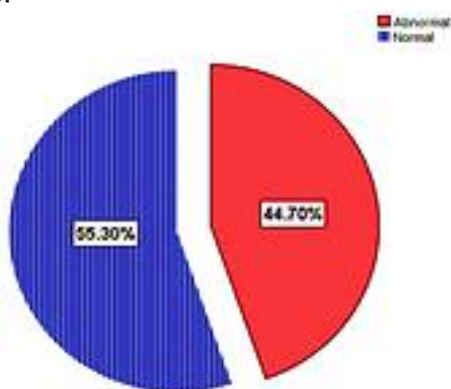


Figure (4). Prevalence of the positive CT scans of the patient presenting with headache.

Fig (5) shows that a higher proportion (55.3%) of CT scan cases who complained of headache were normal, and the abnormal findings were prevalent among 44.7% of cases. Concerning the minor abnormalities among the referred cases, thirty-nine of these cases had minor abnormalities, which included deviated nasal septum represents the highest proportion (41.0%), maxillary retention cyst represents (23.1%), absence of frontal sinus (20.5%), concha bullosa (12.8%) and the lowest proportion of cases had (2.6%) arachnoid cyst, as shown in Fig. (6).

It is evident from the images of PNS scan of patients presented with headache that there are bilateral chonchabullosa Fig. (7) and deviated nasal septa Fig. (4) and (8) both pathological changes lead to nasal obstruction.

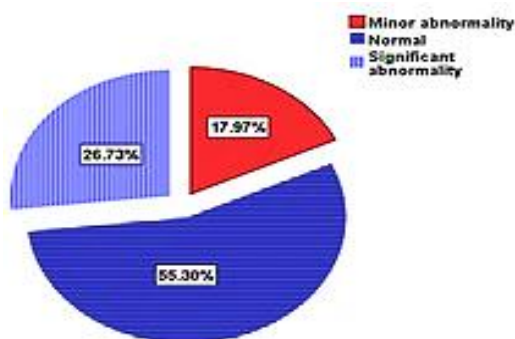


Figure (5). Distribution of referred headache cases according to their CT findings.

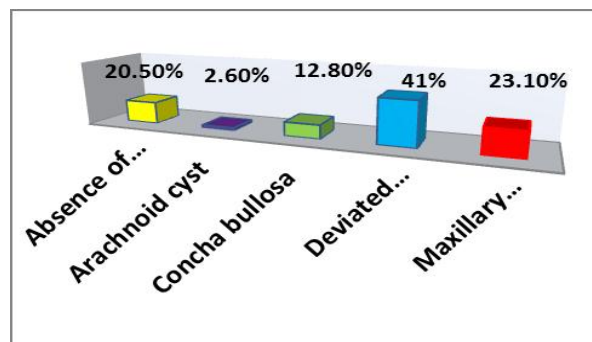


Figure (6). The distribution of minor incidental findings among the headache patients.

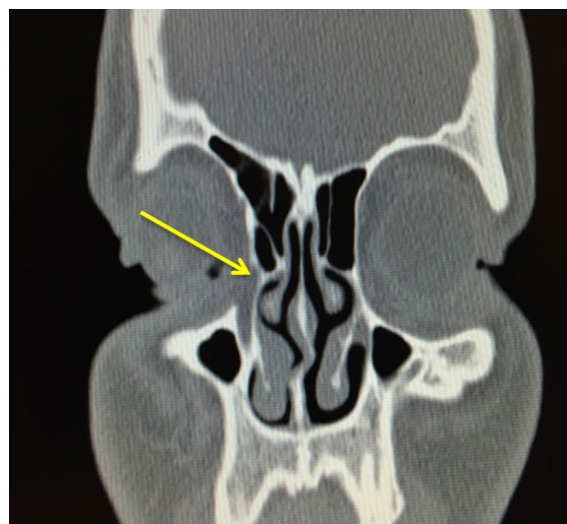


Figure (7). Bilateral concha bullosa.



Figure (8). Deviated nasal septum.

Major significant abnormalities detected among cases that could potentially cause headaches. Their total number was 58; the

highest proportion of these cases (86.21%) was sinusitis. Equal proportions of major abnormalities (3.45%) includes sino-nasal polyposis, chronic small-vessel ischemic changes (lacunar infarction), suspicious brain tumor and suspicious nasopharyngeal mass as in Fig. (9).

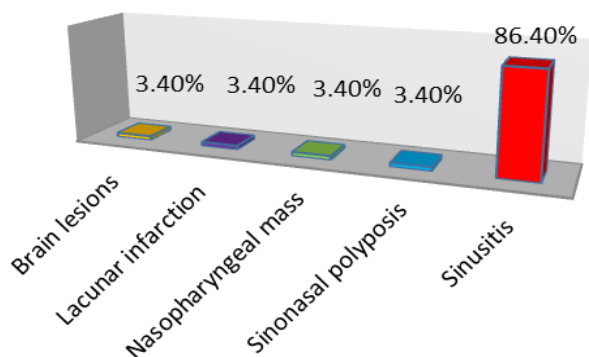


Figure (9). The distribution of major significant findings among the headache patients.

Fig. (10) illustrates the image of PNS, there is maxillary sinusitis in form of mild polypoidal mucosal thickening of both maxillary sinuses more evident in right side as the arrow points. CT scan brain for patient presented with an isolated headache. The scan reveals that there is a small hypodense lesion seen in the left internal capsule, which represents small lacunar infarction as shown in Fig. (11).

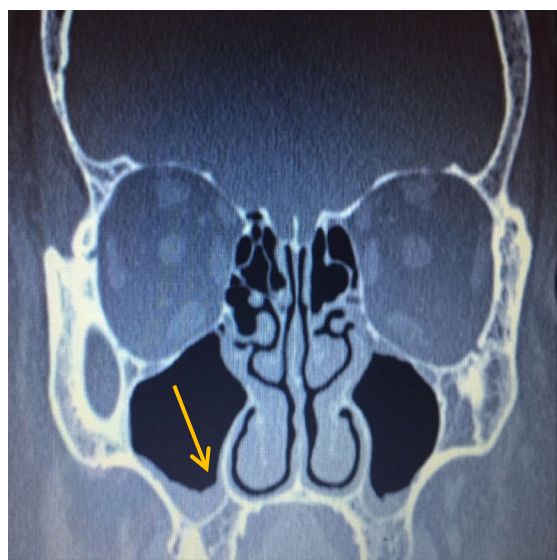


Figure (10). Maxillary sinusitis.

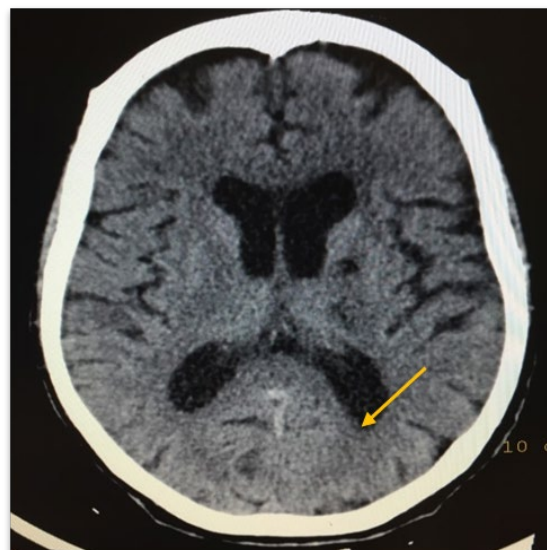


Figure (11). Lacunar infarction.

Fig. (12) reveals that both maxillary sinus and nasal cavity is almost obliterated with polypoidal mucosal thickening which consistent with sino-nasal polyposis. capsule, which represents a small lacunar infarction as shown in Fig. (11).

Fig. (12) reveals that both maxillary sinus and nasal cavity is almost obliterated with polypoidal mucosal thickening which consistent with sino-nasal polyposis.

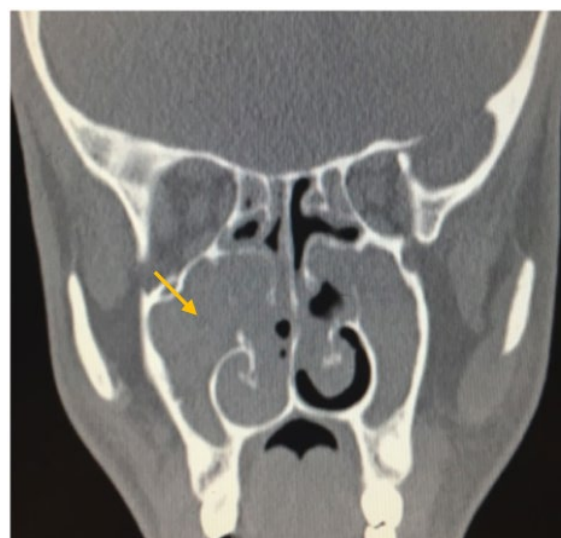


Figure (12). Sinonasal polyposis.

Regarding referred cases, ENT Department had the highest proportion (72.2%) of cases with positive findings, followed by neuro-

surgery (19.6%) and the least referral department with positive findings was neurology (8.2%) table 4.

Table (4). Case referral from various departments and positive CT scan findings.

Referral departments	CT findings		Total
	Positive Cases	Normal Cases	
Ear Nose & Throat	70 (72.2%)	34 (28.3%)	104
Neurosurgery	19 (19.6%)	35 (29.2%)	59
Neurology	8 (8.2%)	51 (42.5%)	54
Total	97 (100.0%)	120 (100.0%)	217

Table 5 shows that (12.9%) of headache cases had hypertension and (87.1%) were non-hypertensive. Concerning between sinusitis and age groups, the highest proportions of cases were observed among age groups 20-39 and 40-59 (60% and 20%) respectively, as shown by table 6.

Table (5). Proportion of hypertension among CT scanned cases.

History of Hypertension	No	%
Yes	28	(12.9)
No	189	(87.1)
Total	217	(100.0)

Table (6). Relationship between age groups and sinusitis cases.

Age group (in years)	Sinusitis as significant abnormalities	
	No	%
<20	6	(12)
20- 39	30	(60)
40- 59	10	(20)
≥60	4	(8)
Total	50	(100)

Table (7). Relationship between gender and sinusitis cases.

Gender	Sinusitis
Female	25 (50%)
Male	25 (50%)
Total	50 (100%)

DISCUSSION

Headaches are a very common complaint among different individuals in communities. This complaint is irritating to these individuals, leading to their continuous seeking of medical advice. The International Headache Society (IHS) classified headaches into primary and secondary headaches. Primary headaches are not related to any organic cause. It includes; migraines, tension headaches, etc. Secondary headache is related to established causes such as tumors of the brain and hemorrhage inside the cranial cavity.

This retrospective study included 217 subjects, of whom 44.7% were diagnosed with probable causes of headaches by CT scan and 55.3% showed an absolutely normal scan. Investigators observed similar results, where most of the CT scans of headache patients were normal. (Dumas et al., 1995) evaluated cases of chronic headache using CT scan and reported that CT has an extremely low yield in patients who were investigated for headache without any neurological abnormality. (Ahmad et al., 2008) conducted a study in a teaching hospital in Swat, Pakistan, and they concluded that 69% of patients who presented with headache had no abnormality in CT scans of the brain. (Ahmad et al., 2008).

More recently, (Lemmens et al., 2021) carried out a retrospective study of 501 patients who had a headache as their main symptom and had visited the emergency room between April 2018 and the end of 2018. They found that about half of the patients were diagnosed with a primary headache disorder, which is in line with this study (Lemmens et al., 2021). Furthermore, (Clinch, 2001) evaluated cases of acute headache using CT and MRI. He stated that the majority of patients who presented with chronic or recurrent headache and had no neurologic abnormality, were routinely exposed to CT and MRI for the diagnosis of

the causes of their headache (Clinch, 2001). Thus, the endeavor of clinicians should be to reduce the radiation burden of a CT scan, which involves considerable radiation. The abnormal findings, like sinusitis, may be falsely increasing the yield of CT.

It is evident from the present study that there was a significant decrease in CT use for patients with isolated headache when comparing the proportion of cases evaluated with CT in the year 2012 (62.67%) compared to the year 2013 (37.3%). Therefore, it is of the utmost importance that our department follows the international guidelines. So that the diagnosis of headache types are done, whether the headache is of a primary type that only needs the appropriate therapy or a secondary type that requires further diagnostic workup.

There is gender variation in relation to headache. The present study reveals that females are nearly two times higher to complain of headache compared to males (60.8% and 39.17%, respectively). This is nearly similar to the study done by (Morgenstern et al., 2001), in which 66% of the patients were female among those complaining of headache (Morgenstern et al 2001).

Cases of headache complaints were more prevalent among the age group (20 to 39) for both males and females (44.8% and 55.2%, respectively). This age group mainly represents the reproductive age group. Unnecessary exposure to CT scan radiation will lead to undesirable side effects. We must have considerable costs and radiation exposure in this vulnerable age group. Therefore, clinicians should consider these side effects when advising CT for patients in this age group. Unless these cases are represented with a red flag and warning symptoms/signs such as headache in a patient with risk factors such as immunocompromised patients or cancer patients, a CT scan is advisable.

Considering the younger age group (less than 20 years), in this study, they represented 8.3% of total cases. Among the age group the sinus pathology represents the highest percentage (60%) of abnormal CT.(Lateef et al., 2009), studied headaches among young children and reported that CT scan of children presenting with headache but non-worrying history and normal neurological findings, occasionally leads to life-threatening diagnosis or contributes to urgent management(Lateef et al., 2009).

The present study showed that the proportion of the younger age group who had sinusitis as proved by CT was 12%, and this finding is similar to the results of the study done by Gupta et al., in which the proportion of young cases with sinusitis ranged from 1% to 13% (Gupta & Belay, 2008; Rho et al., 2011) reported that neuroimaging has a limited value in children who present with an isolated headache. According to this study, neuroimaging is not indicated in children presenting with recurrent headaches and normal neurological findings (Rho et al., 2011). A neuro-pediatrician should reach agreement about the indications for a CT scan for children with of headache according to standardized guidelines.

The overuse of CT scanning among the young age group in the present study could be attributed to family pressure as the parents insist on neuroimaging procedures thinking that they will help in the diagnosis of the etiology of their children's headaches and exclude major problems. Consequently, only minor abnormal findings were discovered with the CT procedure. Therefore, physicians have to explain the nature and etiology of headache to parents and families to minimize their anxiety, and the hazards of ionizing radiation from CT scans.

The definition of minor and significant abnormalities, however, was not uniform among the different studies performed. The

minor abnormality did not affect the management of the patient. Many studies have shown that CT scans of headache patients without abnormal neurological examination yield a low percentage of positive clinically significant findings (Grosskreutz et al., 1991). The current study showed that the proportion of minor abnormalities was 18%. Concerning major abnormalities represents 26.7% of total referred cases that need management and further workup, such as sinusitis.

The present study revealed that the most common cause of headache was sinusitis (86.40%). This percentage could explain the higher proportion of ordered PNS scans (58.53%) compared to brain CT scans (41.47%). Furthermore, this may indicate the high yield of the PNS CT scan as a diagnostic tool. (Buljčik-Čupić & Savović, 2007), reported that the PNS CT scan is preferred to be used as a golden standard tool when medical treatment fails and when planning for surgery⁽¹⁶⁾.

The current study showed that the most frequently referred department (47.9%) was ENT. Accordingly, the highest proportion of total positive findings (72.2%) was detected among ENT cases. The highest proportion (60%) of the age group with sinusitis was (20-39 years) and there were no gender differences. In general, the PNS scan is needed for headache patients with suspected sinus pathology.

The current study showed that a low proportion of cases had lacunar infarction as diagnosed by CT. These findings are in accordance with (Tentschert et al., 2005), who reported that headache was less common with transient ischemic attacks and lacunar infarction (Tentschert et al., 2005).

Regarding headaches as an isolated clinical feature of tumors, a study showed that a low proportion of headache cases diagnosed by CT were suspected brain tumors. This is in

agreement with (Vazquez - Barquero et al., 1994), they conducted a prospective study and revealed that headaches are an isolated clinical feature, which is rare in patients with brain tumors (Vazquez - Barquero et al., 1994). This suspected diagnosis is considered a preliminary diagnosis, that needs further work up.

Most of the minor findings were incidental and did not affect headache management at all. The most common one was a deviated nasal septum, which may lead to lateral displacement of the middle concha and, subsequently, nasal obstruction and headache (Morgenstein & Krieger, 1980). Followed by the maxillary retention cyst, which represents 23.1%, a study showed the maxillary retention cyst incidentally was reported to be around 29.4%, despite the fact that most mucosal retention cysts are asymptomatic. Some cases presented with symptoms such as headache and facial pain. One of the minor findings was concha bullosa, which may cause middle meatus or infundibulum obstruction in conjunction with a deviated nasal septum to the contralateral side. (Morgenstein & Krieger, 1980), described contact nasal headache among a group of patients with headache. He attributed the headache to a pressure point within the nose due to the existence of the middle turbinates of the concha bullosa touching the septum (Morgenstein & Krieger, 1980).

CONCLUSION

The most prevalent age group among headache cases was (20 and 39 years), female to male ratio 1.5:1. Abnormal findings represent 44.7% of cases. The commonest major abnormality was sinusitis. Equal proportion of major abnormalities included; sino-nasal polyposis, chronic ischemic changes, suspicious brain tumor and nasopharyngeal mass. Minor abnormalities represented 17.97% of the total cases. The most prevalent type of minor abnormalities was deviated nasal sep-

tum. Among headache cases, only 12.9% had hypertension.

Duality of interest: The authors declare that there is no conflicts of interest.

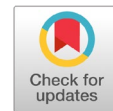
Authorship Contributions: Conception and design of the study; Hawa M. Hawla, Faisal M. Shembesh, Mohammed Buzgheia, Ossama El-factory, Murshed H. Haidar. Generation, collection, assembly, analysis and/or interpretation of data; Hawa M. Hawla, Mustafa A Karwad, Ibrahim M. M. Elomami, Narges M. Elzaidi, Azza El Saddiek Greiw. Drafting or revision of the manuscript; all Approval of the final version of the manuscript: all.

Funding: This research received no external funding

REFERENCE

- Ahmad, A., Khan, P., Ahmad, K., & Syed, A. (2008). Diagnostic outcome of patients presenting with severe thunderclap headache at Saidu Teaching Hospital. *Pakistan J Med Sci*, 24, 575-580.
- Buljčik-Čupić, M. M., & Savović, S. N. (2007). Endonasal endoscopy and computerized tomography in diagnosis of the middle nasal meatus pathology. *Medicinski pregled*, 60(7-8), 327-332.
- Clinch, C. R. (2001). Evaluation of acute headaches in adults. *American family physician*, 63(4), 685.
- Dumas, M., Pexman, J., & Kreeft, J. (1995). Computed-Tomography Evaluation of Patients With Chronic Headache (Vol 151, Pg 1447, 1994) (Vol. 152, pp. 158-158): Canadian Medical Association 1867 Alta Vista Dr, Ottawa On K1g 3y6, Canada.
- Edlow, J. A., Panagos, P. D., Godwin, S. A., Thomas, T. L., & Decker, W. W. (2008). Clinical Policy: Critical Issues in the Evaluation and Management of Adult Patients Presenting to the Emergency Department With Acute Headache. *Annals of emergency medicine*, 52(4), 407-436.
- Garvey, C. J., & Hanlon, R. (2002). Computed tomography in clinical practice. *Bmj*, 324(7345), 1077-1080.
- Grosskreutz, S. R., Osborn, R. E., & Sanchez, R. M. (1991). Computed tomography of the brain in the evaluation of the headache patient. *Military medicine*, 156(3), 137-140.
- Gupta, S. N., & Belay, B. (2008). Intracranial incidental findings on brain MR images in a pediatric neurology practice: a retrospective study. *Journal of the neurological sciences*, 264(1-2), 34-37.
- Lateef, T. M., Grewal, M., McClintock, W., Chamberlain, J., Kaulas, H., & Nelson, K. B. (2009). Headache in young children in the emergency department: use of computed tomography. *Pediatrics*, 124(1), e12-e17.
- Lemmens, C. M., Van der Linden, M. C., & Jellema, K. (2021). The value of cranial CT imaging in patients with headache at the emergency department. *Frontiers in Neurology*, 12, 663353.
- Morgenstein, K. M., & Krieger, M. K. (1980). Experiences in middle turbinectomy. *The Laryngoscope*, 90(10), 1596-1603.
- Morgenstern, L. B., Huber, J. C., Luna - Gonzales, H., Saldin, K. R., Grotta, J.

- C., Shaw, S. G., Knudson, L., & Frankowski, R. F. (2001). Headache in the emergency department. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 41(6), 537-541.
- Practice parameter: the utility of neuroimaging in the evaluation of headache in patients with normal neurological examinations (summary statement) (1994). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 44:1353-1354.
- Perkins, A. T., & Ondo, W. (1995). When to worry about headache: Head pain as a clue to intracranial disease. *Postgraduate medicine*, 98(2), 197-208.
- Rho, Y. I., Chung, H. J., Suh, E. S., Lee, K. H., Eun, B. L., Nam, S. O., Kim, W. S., Eun, S. H., & Kim, Y. O. (2011). The role of neuroimaging in children and adolescents with recurrent headaches—multicenter study. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 51(3), 403-408.
- Sempere, A., Porta-Etessam, J., Medrano, V., Garcia-Morales, I., Concepción, L., Ramos, A., Florencio, I., Bermejo, F., & Botella, C. (2005). Neuroimaging in the evaluation of patients with non-acute headache. *Cephalalgia*, 25(1), 30-35.
- Stovner, L., Hagen, K., Jensen, R., Katsarava, Z., Lipton, R., Scher, A., Steiner, T., & Zwart, J. (2007). The global burden of headache: a documentation of headache prevalence and disability worldwide. *Cephalalgia*, 27(3), 193-210.
- Stovner, L. J., & Andree, C. (2010). Prevalence of headache in Europe: a review for the Eurolight project. *The journal of headache and pain*, 11(4), 289-299.
- Tentschert, S., Wimmer, R., Greisenegger, S., Lang, W., & Lalouschek, W. (2005). Headache at stroke onset in 2196 patients with ischemic stroke or transient ischemic attack. *Stroke*, 36(2), e1-e3.
- Tsushima, Y., & Endo, K. (2005). MR imaging in the evaluation of chronic or recurrent headache. *Radiology*, 235(2), 575-579.
- Vazquez - Barquero, A., Ibanez, F., Herrera, S., Izquierdo, J., Berciano, J., & Pascual, J. (1994). Isolated headache as the presenting clinical manifestation of intracranial tumors: a prospective study. *Cephalalgia*, 14(4), 270-271.



Approximate Solution for Fractional Black-Scholes European Option Pricing Equation

Asma Ali Elbeleze

Department of Mathematics, Faculty of Science, Zawia University, Libya

ARTICLE HISTORY

Received:
03 January 2023

Accepted:
15 May 2023

Keywords:

Black-Scholes equation; Homotopy Perturbation Method; Mohand Transform; Caputo derivative.

Abstract: The Black-Scholes equation is one of the most significant mathematical models for a financial market. In this paper, the homotopy perturbation method is combined with Mohand transform to obtain the approximate solution of the fractional Black-Scholes European option pricing equation. The fractional derivative is considered in the Caputo sense. The process of the methods which produce solutions in terms of convergent series is explained. Some examples are given to show a powerful and efficient method to find approximate analytical solutions for fractional Black-Scholes European option pricing equation. Further, the same equation is solved by the homotopy perturbation Sumudu transform method. The results obtained by the two methods are in agreement.

الحل التقريبي لمعادلة بلاك شولز من الرتبة الكسرية معادلة تسعير الخيار الاوروبي

الكلمات المفتاحية :

معادلة بلاك-شولز.
طريقة التشويش المضطرب.
تحويل مهند التكاملي.
تفاضل كابوتو الكسري.

المستخلص : تعد معادلة بلاك-شولز واحدة من أكثر النماذج الرياضية أهمية بالنسبة للسوق المالي. في هذا البحث، تم دمج طريقة التشويش المضطرب مع تحويل مهند للحصول على الحل التقريبي لمعادلة بلاك شولز للتسعير الأوروبي من الرتبة الكسرية. التفاضل الكسري يكون تحت تعريف كابوتو. سوف يتم شرح الطريقة و كيفية الحصول على الحل كمتسلسلة من الحدود المتقاربة. تم إعطاء بعض الأمثلة لإظهار قوة وفعالية هذه الطريقة لإيجاد حلول تحليلية و تقريبية لمعادلة بلاك-شولز للتسعير الأوروبي من الرتبة الكسرية. علاوة على ذلك، تم حل نفس المعادلة من خلال طريقة تحويل اضطراب هوموتوبي سومودو. النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الطريقتين متوافقة.

INTRODUCTION

In recent years fractional partial differential equations have received considerable interest and have been applied to many problems which are modeled in various areas for instance: several physical phenomena and economies are represented by such equations (Oldham & Spanier, 1974; Zhu et al., 2014) On the other hand, many authors studied the existence of the solution of the Black-Scholes equation (Ankudinova &

Ehrhardt, 2008; Bohner & Zheng, 2009; Cen & Le, 2011; Company et al., 2008; Gülkaç, 2010).

The homotopy perturbation method was first introduced and applied by He (He, 1999, 2000, 2006). This method has been coupled with integral transforms and applied by many authors, for example, homotopy perturbation is combined with Laplace transform, Sumudu transform, and Mohand transform to solve many problems such as one-dimensional non-homogenous

partial differential equations with a variable coefficient (Madani et al., 2011), Black-Scholes of fractional order (Elbeleze et al., 2013; Kumar et al., 2012), Klein-Gordn (Dubey et al., 2022).

The Mohand transform was first proposed and introduced by (Mohand & Mahgoub) in 2017 and applied by many authors, (Aggarwal et al., 2020; Attaweel & Almassry, 2020; Qureshi et al., 2020).

(Khan & Ansari, 2016) presented an analytical solution of the Fractional Black-Scholes European option pricing equation in the form of the Fractional Taylor series with easily computable components. On the same side (Ravi Kanth & Aruna, 2016) suggested two methods for the solution of the time fractional Black-Scholes European option pricing equation. These methods are the fractional differential transform method (FDTM) and the modified fractional differential transform method (MFDTM).

In the present paper, fractional Black-Scholes European pricing equations are obtained from the corresponding integer order equation by replacing the first-order time derivatives with a fractional derivative in the Caputo sense of order α with $0 < \alpha \leq 1$. This equation is described by the following equation

$$\frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + \frac{\sigma x^2}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + r(t)x \frac{\partial u}{\partial x} - r(t)u = 0, (x, t) \in \mathbb{R}^+ \times (0, T), 0 < \alpha \leq 1 \tag{1}$$

Where $u(x, t)$ is the European call option, price at asset price x and at time t , T is the maturity, $r(t)$ the risk-free interest rate, and $\sigma(x)$ represents the volatility function of the underlying asset. The payoff functions are

$$u_c(x, t) = \max(x - E, 0); \tag{2}$$

$$u_p(x, t) = \max(E - x, 0)$$

Where $u_c(x, t)$ and $u_p(x, t)$ are the values of the European call and put options respectively, E denotes the expirations price for the option, and function $\max(x, 0)$ gives the large value between x and 0.

The structure of this paper is organized as follows: In section 2 some basic definitions of fractional calculus and Mohand transform are given. The basic idea of the homotopy perturbation method is presented in section 3. In section 4 the problem with the solution algorithm is given. In section 5 two examples from literature are presented. A discussion of the results is given in section 6. Finally, the conclusion is drowning in section 7.

BASIC DEFINITIONS

Definition 2.1: A real function $f(x), x > 0$ is said to be in space $C_\mu, \mu \in \mathbb{R}$ if there exists a real number $p \geq \mu$, such that $f(x) = x^p f_1(x)$ where $f_1(x) \in C(0, \infty)$ and it is said to be in the space C_μ^n if and only if $f^n \in C_\mu, n \in \mathbb{N}$

Definition 2.2 The Riemann-Liouville fractional integral operator of order $\alpha > 0$ is defined as:

$$J_a^\alpha f = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{f(t)dt}{(x-t)^{1-\alpha}}, \quad (x > a, \alpha > 0)$$

For Riemann-Liouville fractional integral, one has

$$J^\alpha x^\gamma = \frac{\Gamma(\gamma + 1)}{\Gamma(\alpha + \gamma + 1)}$$

Definition 2.3: the Caputo fractional derivative of a function $f(t)$ of order α is defined as:

$$D_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x \frac{f^n(t)dt}{(x-t)^{\alpha+1-n}}, \quad n-1 < \alpha \leq n \tag{3}$$

Lemma

If $m - 1 < \alpha \leq m, m \in \mathbb{N}, f \in C_\mu^m, \mu > -1$, then the following two properties hold

1. $D^\alpha [J^\alpha f(x)] = f(x).$
2. $J^\alpha [D^\alpha f(x)] = f(x) - \sum_{k=1}^{m-1} f^k(0) \frac{x^k}{k!}$

Definition 2.4: The Mittag-Laffler function $E_\alpha(z)$ with $\alpha > 0$ is defined by the following series representation, valid in the whole complex plane

$$E_\alpha(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(\alpha n + 1)} \quad (4)$$

Definition 2.5: (Mohand & Mahgoub, 2017)

Consider a set A defined as

$$A = \left\{ f(t) : \exists M, \tau_1, \tau_2 > 0, |f(t)| \leq M e^{\frac{|t|}{\tau_j}}, \right. \\ \left. \text{if } t \in (-1)^j \times [0, \infty) \right\} \quad (5)$$

The Mohand transform denoted by operator $M(\cdot)$ defined by integral

$$M[f(t)] = R(u) = u^2 \int_0^\infty f(t) e^{-ut} dt, \\ t \geq 0, u \in [\tau_1, \tau_2] \quad (6)$$

The variable u in this transform is used to factor the variable t in argument of the function f .

The function $f(t)$ in equation (6) is called the inverse Mohand transform of $F(u)$ and is denoted by $f(t) = M^{-1}[R(u)]$.

Some Properties of Mohand Transform

- Linearity property of Mohand transforms: If Mohand transform of functions $F_1(t)$ and $F_2(t)$ are $R_1(u)$ and $R_2(u)$ respectively, then Mohand transform of $[aF_1(t) + bF_2(t)]$ is given by $[aR_1(u) + bR_2(u)]$, where a, b are arbitrary constants.
- Change of scale property: If Mohand transform of function $F(t)$ is $R(u)$ then Mohand transform of function $F(at)$ is given by $R\left(\frac{u}{a}\right)$.
- Convolution theorem for Mohand transforms: If Mohand transform of functions $F_1(t)$ and $F_2(t)$ are $R_1(u)$ and $R_2(u)$ respectively, then Mohand transform of their convolution $F_1(t) * F_2(t)$ is given

$$\{F_1(t) * F_2(t)\} \\ = \left(\frac{1}{u^2}\right) M\{F_1(t)\} M\{F_2(t)\} \\ = \left(\frac{1}{u^2}\right) R_1(u) R_2(u)$$

Where $F_1(t) * F_2(t)$ is defined by

$$F_1(t) * F_2(t) = \int_0^t F_1(t-x) F_2(x) dx \\ = \int_0^t F_1(x) F_2(t-x) dx$$

- Derivative theorem: Let $R(u)$ be the Mohand transform of $M[f(t)] = R(u)$ then

$$M[f^n(t)] = u^{(n)} R(u) \\ - \sum_{k=0}^{n-1} u^{n-k+1} f^{(k)}(0)$$

- Fractional derivative theorem: Let $M[f(t)] = R(u)$ be the Mohand transform of a piece-wise continuous and exponential order function $f(t)$. The Mohand transform for the fractional order derivative of the function $f(t)$ under the classical Caputo fractional order derivative operator of order $\alpha > 0$ is defined as

$$M[D_t^\alpha f(t)] = u^{(\alpha)} R(u) - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{f^{(k)}(t)}{u^{k-\alpha-1}} \quad (7)$$

For further details and properties of Mohand transform see (Aggarwal & Chauhan, 2019; Aggarwal et al., 2018).

The Homotopy Perturbation Method

o illustrate the basic idea of this method, we consider the following nonlinear differential equation

$$A(u) - f(r) = 0 \quad r \in \Omega \quad (8)$$

with boundary conditions

$$B\left(u, \frac{\partial u}{\partial n}\right) = 0, \quad r \in \Gamma \quad (9)$$

Subject to the initial condition:

$$u^{(k)}(0) = c_k \quad (10)$$

where A is a general differential operator, B is a boundary operator, $f(r)$ is a known analytic function, and Γ is the boundary of domain Ω . In general, the operator A can be divided into two parts L and N where L is a linear operator while N is the nonlinear operator. Eq. (8) therefore can be written as follows:

$$L(u) + N(u) - f(r) = 0 \tag{11}$$

By the homotopy technique [24, 25] we construct a homotopy $v(r, p): \Omega \times [0,1] \rightarrow R$ which satisfies

$$H(v, p) = (1 - p)[L(v) - L(u_0)] + p[A(v) - f(r)] = 0 \quad p \in [0,1], r \in \Omega \tag{12}$$

Or

$$H(v, p) = L(v) - L(u_0) + pL(u_0) + p[N(v) - f(r)] = 0 \tag{13}$$

where $p \in [0,1]$ is an embedding parameter, u_0 is an initial approximation of Eq. (8) which satisfies the boundary conditions. From (12) and (13) we have

$$H(v, 0) = L(v) - L(u_0) = 0 \tag{14}$$

$$H(v, 1) = A(v) - f(r) = 0$$

The changing in the process of p from zero to unity is just that of $H(r, p)$ from $u_0(r)$ to $u(r)$. In topology, this is called deformation and $L(v) - L(u_0)$, and $A(v) - f(r)$ are called homotopic.

Now, assume that the solution of equation (12) and (13) can be expressed as

$$v = v_0 + pv_1 + p^2v_2 + \dots \tag{15}$$

The approximate solution of Eq. (3.1) can be obtained by setting $p = 1$

$$u(x, t) = \lim_{p \rightarrow 1} v = v_0 + v_1 + v_2 + \dots \tag{16}$$

The Problem with the Solution Algorithm

We consider the following fractional Black-

Scholes (1) of the form

$$\frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + \frac{\sigma x^2}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + r(t)x \frac{\partial u}{\partial x} - r(t)u = 0,$$

$$(x, t) \in \mathbb{R}^+ \times (0, T), \quad 0 < \alpha \leq 1$$

Firstly, applying the Mohand transform on both sides of (1) subject to initial condition (2), we have

$$M[u(x, t)] = uu(x, 0) + u^{-\alpha} M \left[\frac{\sigma x^2}{2} u_{xx} + r(t)xu_x - r(t)u \right] \tag{17}$$

By operating the inverse Mohand transform on both sides in (17), we have

$$u(x, t) = u(x, 0) - M^{-1} \left[u^{-\alpha} M \left[\frac{\sigma x^2}{2} u_{xx} + r(t)xu_x - r(t)u \right] \right] \tag{18}$$

Now, applying the (HPM) we get

$$\sum_{n=0}^{\infty} p^n u_n(x, t) = u(x, 0) - p \left(M^{-1} \left[u^{-\alpha} M \left[\sum_{n=0}^{\infty} p^n H_n(u) \right] \right] \right) \tag{19}$$

where

$$H_n = \frac{\sigma x^2}{2} u_{nxx} + r(t)xu_{nx} - r(t)u_n$$

Equating the corresponding power of p on both sides in equation (19), we have

$$\begin{aligned} p^0: u_0(x, t) &= u(x, 0), \\ p^1: u_1(x, t) &= M^{-1}(u^{-\alpha} M[H_0(u)]) \\ p^2: u_2(x, t) &= M^{-1}(u^{-\alpha} M[H_1(u)]) \end{aligned} \tag{20}$$

⋮

$$p^n: u_n(x, t) = M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_{n-1}(u)])$$

So, that the solution $u(x, t)$ of the problem is given by

$$u(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^n u_n(x, t)$$

APPLICATIONS

In this section, we discuss the implementation of the proposed method.

Example 5.1. We consider the following fractional Black-Scholes option pricing equation as follows:

$$\frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} = \frac{\sigma x^2}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (k - 1) \frac{\partial u}{\partial x} - ku], \quad 0 < \alpha \leq 1 \quad (21)$$

subject to initial condition

$$u(x, 0) = \max(e^x - 1, 0) \quad (22)$$

Applying the Mohand transform on both sides of (21) subject to initial condition (22), we have

$$M[u(x, t)] = uu(x, 0) + u^{-\alpha}M[u_{xx} + (k - 1)u_x - ku] \quad (23)$$

Operating the inverse Mohand transform on both sides of (23), we have

$$u(x, t) = \max(e^x - 1, 0) + M^{-1}[u^{-\alpha}M[u_{xx} + (k - 1)u_x - ku]]$$

Now, applying (HPM)

$$\sum_{n=0}^{\infty} p^n u_n(x, t) = \max(e^x - 1, 0) + p \left(M^{-1} \left[u^{-\alpha} M \left[\sum_{n=0}^{\infty} p^n H_n(u) \right] \right] \right) \quad (24)$$

where

$$H_n = u_{nxx} + (k - 1)u_{nx} - rku_n]$$

Equating the corresponding power of p on both sides in equation (24), we have

$$p^0: u_0(x, t) = \max(e^x - 1, 0),$$

$$p^1: u_1(x, t) = M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_0(u)])$$

$$= -\max(e^x, 0) \frac{(-kt^\alpha)}{\Gamma(\alpha + 1)} + \max(e^x - 1, 0) \frac{(-kt^\alpha)}{\Gamma(\alpha + 1)}$$

$$p^2: u_2(x, t) = M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_1(u)])$$

$$= -\max(e^x, 0) \frac{(-kt^\alpha)^2}{\Gamma(2\alpha + 1)} + \max(e^x - 1, 0) \frac{(-kt^\alpha)^2}{\Gamma(2\alpha + 1)}$$

⋮

$$p^n: u_n(x, t) = M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_{n-1}(u)])$$

$$= -\max(e^x, 0) \frac{(-kt^\alpha)^n}{\Gamma(n\alpha + 1)}$$

$$+ \max(e^x - 1, 0) \frac{(-kt^\alpha)^n}{\Gamma(n\alpha + 1)}$$

So that solution $u(x, t)$ of the problem is given by

$$u(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^n u_n(x, t) = \max(e^x - 1, 0)E_\alpha(-kt^\alpha) + \max(e^x, 0)(1 - E_\alpha(kt^\alpha))$$

where $E_\alpha(-kt^\alpha)$ is a Mittag-Leffler function in one parameter.

For the special case $\alpha = 1$, we get

$$u(x, t) = \max(e^x - 1, 0)e^{-kt} + \max(e^x, 0)(1 - e^{-kt})$$

$$\frac{\partial^\alpha u}{\partial t^\alpha} + 0.08(2 + \sin x)^2 x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 0.06x \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$-0.06u = 0 \quad , 0 < \alpha \leq 1 \quad (25)$$

Which is an exact solution of Black-Scholes equation (21) for $\alpha = 1$

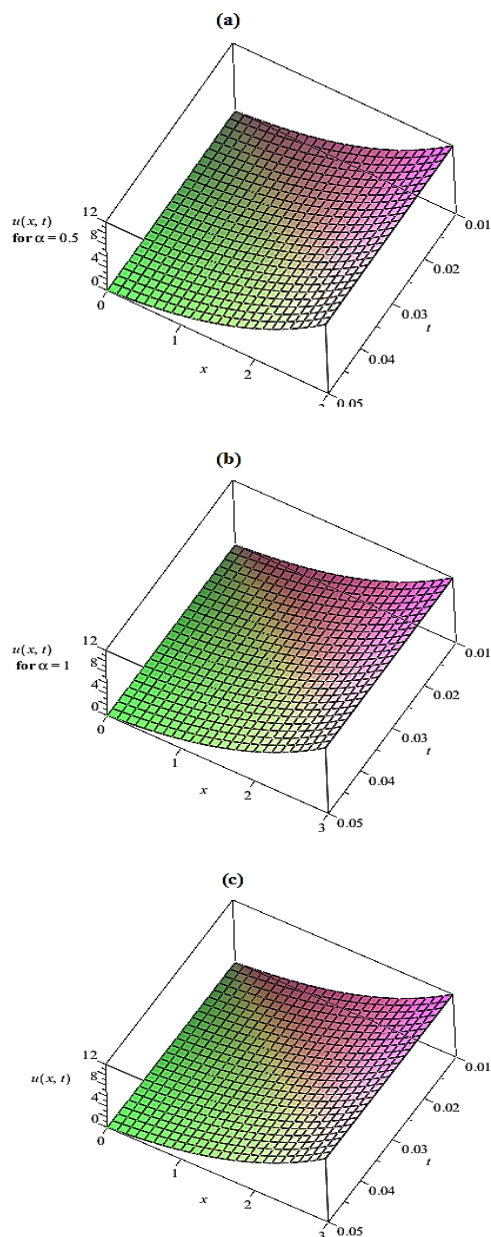


Figure (1). (a) approximate solution $\alpha = 0.5$, (b) approximate solution $\alpha = 1$, and (c) exact solution for equation (21)

Example 5.2. We consider the following fractional Black-Scholes option pricing equation as follows:

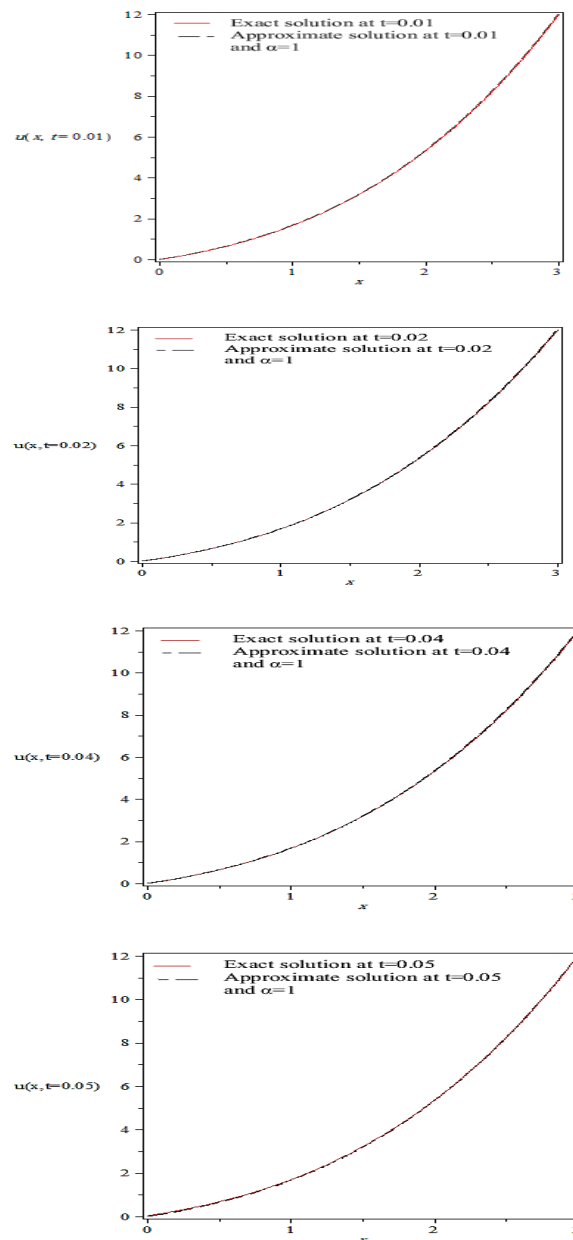


Figure (2). Comparison of approximate solution with exact solution at different times $t = 0.01, 0.02, 0.04, 0.05$ for Eq.(21) with initial condition (22) with $\alpha = 1$.

subject to the initial condition

$$u(x, 0) = \max(x - 25e^{-0.06}, 0) \quad (26)$$

Firstly, applying the Mohand transform on both sides of (25), subject to initial condition (26), we have

$$M[u(x, t)] = uu(x, 0) - u^{-\alpha}M[0.08(2 + \sin x)^2 x^2 u_{xx} + 0.06xu_x - 0.06u] \quad (27)$$

Operating the inverse Mohand transform on both sides of (27), we have

$$u(x, t) = \max(x - 25e^{-0.06}, 0) - M^{-1}[u^{-\alpha}M[0.08(2 + \sin x)^2 x^2 u_{xx} + 0.06xu_x - 0.06u]$$

Now, applying (HPM)

$$\sum_{n=0}^{\infty} p^n u_n(x, t) = \max(x - 25e^{-0.06}, 0) - p \left(M^{-1} \left[u^{-\alpha} M \left[\sum_{n=0}^{\infty} p^n H_n(u) \right] \right] \right) \quad (28)$$

where

$$H_n = 0.08(2 + \sin x)^2 x^2 u_{xx} + 0.06xu_x - 0.06u$$

Equating the corresponding power of p on both sides in equation (28), we have

$$\begin{aligned} p^0: u_0(x, t) &= \max(x - 25e^{-0.06}, 0), \\ p^1: u_1(x, t) &= M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_0(u)]) \\ &= -x \frac{(-0.06t^\alpha)}{\Gamma(\alpha + 1)} + \max(x - 25e^{-0.06}, 0) \\ p^2: u_2(x, t) &= M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_1(u)]) \\ &= -x \frac{(-0.06t^\alpha)^2}{\Gamma(2\alpha + 1)} + \max(x - 25e^{-0.06}, 0) \\ &\vdots \\ p^n: u_n(x, t) &= M^{-1}(u^{-\alpha}M[H_{n-1}(u)]) \\ &= -x \frac{(-0.06t^\alpha)^n}{\Gamma(n\alpha + 1)} + \max(x - 25e^{-0.06}, 0) \end{aligned}$$

So that solution $u(x, t)$ of the problem is given by

$$u(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^n u_n(x, t) = x(1 - E_\alpha(-0.06t^\alpha) + \max(x - 25e^{-0.06}, 0)E_\alpha(-0.06t^\alpha)$$

where $E_\alpha(-kt^\alpha)$ is a Mittag-Leffler function in one parameter.

For the special case $\alpha = 1$, we get

$$u(x, t) = x(1 - e^{0.06t}, 0) + \max(x - 25, 0)e^{-0.06}$$

Which is an exact solution of Black-Scholes equation (25) for $\alpha = 1$

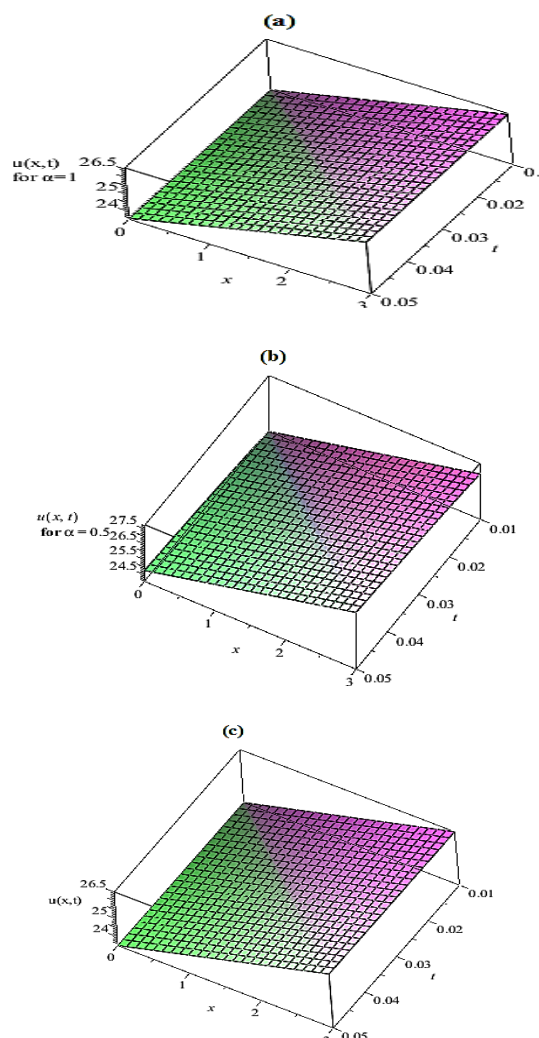


Figure (3). (a) approximate solution $\alpha = 0.5$, (b) approximate solution $\alpha = 1$, and (c) exact solution for equation (25)-(26)

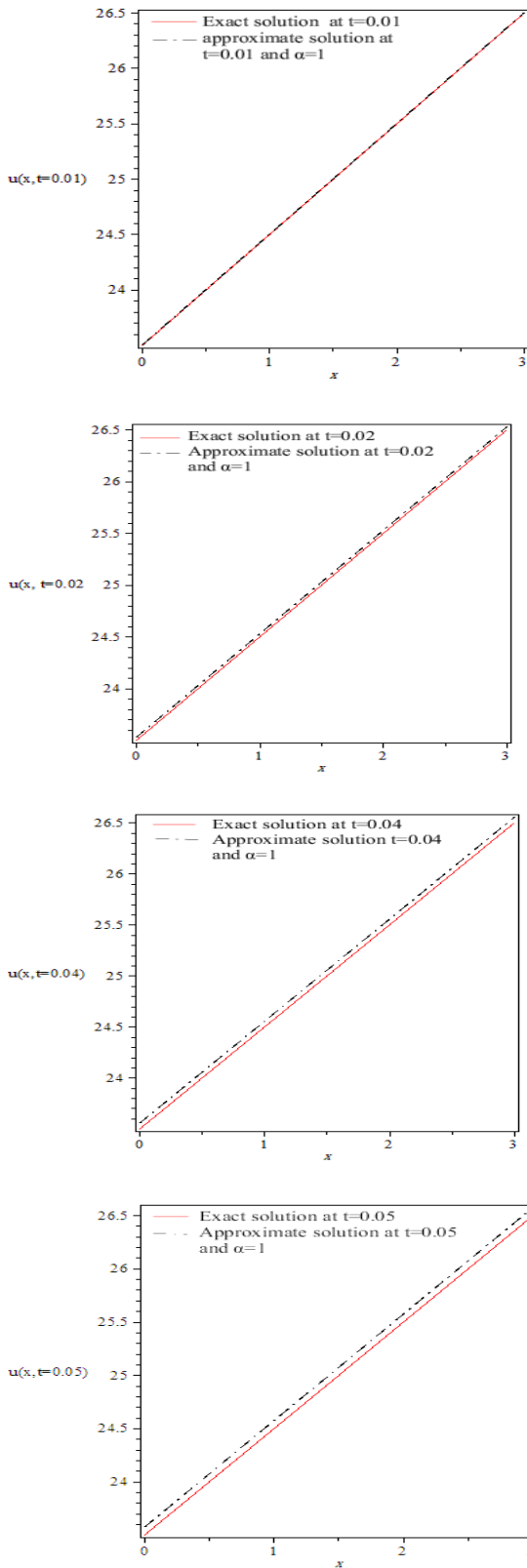


Figure (4). Comparison of approximate solution with exact solution at different times $t = 0.01, 0.02, 0.04, 0.05$ for Eq. (25) with the initial condition (26), with $\alpha = 1$.

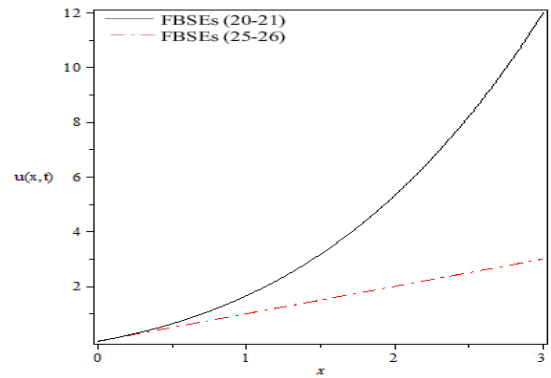


Figure (5). Comparison of the solution for equation (21)-(22) and equation (25)-(26) with $\alpha = 0.5$ at time $t = 0.01$

DISCUSSION

Figures (1) (a and b) and (3) (a and b) display the change in the solution behaviors when $\alpha = 1$ and 0.5 respectively. In both subfigure, we see that the approximate solution is very close to the exact solution subfigure (c) of (1) and (3).

Further, Figures (2) and (4) show the comparison of the exact solution with the (HPMTM) solution at $\alpha = 1$ and $t = 0.01, 0.02, 0.04$ and 0.05 for equations (21)-(22) and (25)-(26) respectively. It is clear that the (HPMTM) solutions seem to coincide with the actual solution. Finally, Figure (5) provides a comparison of (21)-(22) and (25)-(26) with $\alpha = 0.5$ and $\alpha = 0.01$, where it can be concluded that the difference between the solution of fractional Black-Scholes (21)-(22) and the solution of fractional Black-Scholes (25)-(26) is due to the difference in σ in both equations.

CONCLUSION

In this paper, the homotopy perturbation method was coupled with Mohand transforms (HPMNT) and successfully applied to get the approximate analytical solution of the fractional Black-Scholes option pricing equation in terms of convergent series with easily computable components. The results show that this method is a powerful tool for obtaining exact and approximate analytical solutions

of fractional Black-Scholes European option equations.

Table (1). Mohand transform of some basic mathematical functions

S.N.	$F(t)$	$M[F(t)] = R(u)$
1	1	u
2	t	1
3	t^2	$\frac{2!}{u}$
4	$t^n, n \in \mathbb{N}$	$\frac{u^{n-1}}{n!}$
5	t^n	$\frac{\Gamma(n+1)}{u^{n-1}}$
6	e^{at}	$\frac{(u-a)}{au^2}$
7	$\sin at$	$\frac{(u^2+a^2)}{u^3}$
8	$\cos at$	$\frac{(u^2+a^2)}{au^2}$
9	$\sinh at$	$\frac{(u^2-a^2)}{u^3}$
10	$\cosh at$	$\frac{(u^2-a^2)}{(u^2-a^2)}$

ACKNOWLEDGMENT

The author express her sincere thanks to the referees for the careful and noteworthy reading of the paper, and the very helpful suggestions that improved the paper substantially.

Duality of interest: The author declare that she has no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: The author wrote all the manuscript and reviewed the final version of it.

Funding: This research did not receive any grant form funding agencies in the public, commercial, or non-profit organizations

REFERENCES

Aggarwal, S., & Chauhan, R. (2019). A comparative study of Mohand and Aboodh transforms. *International journal of research in advent Technology*, 7(1), 520-529.

Aggarwal, S., Chauhan, R., & Sharma, N. (2018). Mohand transform of Bessel’s functions. *International journal of research in advent Technology*, 6(11), 3034-3038.

Aggarwal, S., Sharma, S. D., & Vyas, A. (2020). Mohand Transform for Handling Convolution Type Volterra Integro-Differential Equation of First Kind. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, IX(VII), 78-84.

Ankudinova, J., & Ehrhardt, M. (2008). On the numerical solution of nonlinear Black–Scholes equations. *Computers & Mathematics with Applications*, 56(3), 799-812.

Attaweel, M. E., & Almassry, H. (2020). On the Mohand Transform and Ordinary Differential Equations with Variable Coefficients. *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, 35(1), 01-06.

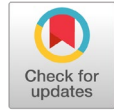
Bohner, M., & Zheng, Y. (2009). On analytical solutions of the Black–Scholes equation. *Applied Mathematics Letters*, 22(3), 309-313.

Cen, Z., & Le, A. (2011). A robust and accurate finite difference method for a generalized Black–Scholes equation. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 235(13), 3728-3733.

Company, R., Navarro, E., Pintos, J. R., & Ponsoda, E. (2008). Numerical solution of linear and nonlinear Black–Scholes option pricing equations. *Computers & Mathematics with Applications*, 56(3), 813-821.

Dubey, R. S., Goswami, P., & Gill, V. (2022). A new analytical method to solve Klein-Gordon equations by using

- homotopy perturbation Mohand transform method. *Malaya Journal of Matematik*, 10(01), 1-19.
- Elbeleze, A. A., Kılıçman, A., & Taib, B. M. (2013). Homotopy perturbation method for fractional Black-Scholes European option pricing equations using Sumudu transform. *Mathematical problems in engineering*, 2013.
- Gülkaç, V. (2010). The homotopy perturbation method for the Black-Scholes equation. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 80(12), 1349-1354.
- He, J.-H. (1999). Homotopy perturbation technique. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 178(3-4), 257-262.
- He, J.-H. (2000). A coupling method of a homotopy technique and a perturbation technique for non-linear problems. *International journal of non-linear mechanics*, 35(1), 37-43.
- He, J.-H. (2006). Some asymptotic methods for strongly nonlinear equations. *International journal of Modern physics B*, 20(10), 1141-1199.
- Khan, W. A., & Ansari, F. A. (2016). European option pricing of fractional Black-Scholes model using Sumudu transform and its derivatives. *General Letters in Mathematics*, 1(3), 74-80.
- Kumar, S., Yildirim, A., Khan, Y., Jafari, H., Sayevand, K., & Wei, L. (2012). Analytical solution of fractional Black-Scholes European option pricing equation by using Laplace transform. *Journal of fractional calculus and Applications*, 2(8), 1-9.
- Madani, M., Fathizadeh, M., Khan, Y., & Yildirim, A. (2011). On the coupling of the homotopy perturbation method and Laplace transformation. *Mathematical and Computer Modelling*, 53(9-10), 1937-1945.
- Mohand, M., & Mahgoub, A. (2017). The new integral transform “Mohand Transform”. *Advances in Theoretical and Applied Mathematics*, 12(2), 113-120.
- Oldham, K., & Spanier, J. (1974). *The fractional calculus theory and applications of differentiation and integration to arbitrary order*. Elsevier.
- Qureshi, S., Yusuf, A., & Aziz, S. (2020). On the use of Mohand integral transform for solving fractional-order classical Caputo differential equations.
- Ravi Kanth, A., & Aruna, K. (2016). Solution of time fractional Black-Scholes European option pricing equation arising in financial market. *Nonlinear Engineering*, 5(4), 269-276.
- Zhu, Q., Deng, S., & Chen, Y. (2014). Periodical pressure-driven electrokinetic flow of power-law fluids through a rectangular microchannel. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 203, 38-50.



Estimation of Annual Gonadal Dose Equivalent in Some Livestock Food in Libyan Markets

Asma M. AL-abrdi¹, Areej Hazawi¹, Salha D. Y. Alsaadi^{1*}, and Randa H. Abdullah²

¹Department of Physics, Faculty of Science, Omar Al-Mukhtar University, Libya

²Department of Physics, Faculty of Science, Benghazi University, Libya

ARTICLE HISTORY

Received:
5 January 2023

Accepted:
8 May 2023

Keywords:

Sodium iodide detector, Radiation concentrations, Annual gonadal dose.

Abstract: In the present study, the concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U, and ⁴⁰K in 10 different samples of foodstuff are investigated using a gamma spectrometer with a Sodium iodide detector NaI(Tl). The results indicated that the concentration of ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U, and ⁴⁰K in the samples ranged from (19.14 to 99.79) Bq/kg for radium, the activity concentration of Thorium ranged from (31.09 to 124.93) Bq/kg, the activity concentration of uranium ranged from (24.86 to 103.01) Bq/kg and the activity concentration of potassium ranged from (101.83 to 480.92) Bq/Kg. The results indicated that the annual gonadal dose equivalent (AGDE) of ²²⁶Ra, ²³²Th, and ⁴⁰K in the samples were higher than the permissible level (0.3mSv/y), except samples (S3, S5, S8).

تقدير الجرعات السنوية المكافئة من الغدد التناسلية في بعض أغذية المواشي في الأسواق الليبية

الكلمات المفتاحية: كاشف
ايوديد الصوديوم
. التركيز الإشعاعي.
جرعة الغدد التناسلية

المستخلص: في هذه الدراسة تم حساب تراكيز ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U, ⁴⁰K في 10 عينات مختلفة من المواد الغذائية باستخدام مطياف جاما بواسطة كاشف يوديد الصوديوم (Na I). أشارت النتائج إلى أن تركيز ²²⁶Ra و ²³²Th و ²³⁸U و ⁴⁰K في العينات تراوحت بين (19.14 إلى 99.79) بيكريل / كغم للراديو، وتراوح تركيز نشاط الثوريوم من (31.09 إلى 124.93) بيكريل / كغم، وتركيز النشاط للراديو. تراوح اليورانيوم من (24.86 إلى 103.01) بيكريل / كغم، وتراوح فعالية تركيز البوتاسيوم من (101.83 إلى 480.92) بيكريل / كغم. أشارت النتائج إلى أن جرعة التناسل السنوية المكافئة (AGDE) لـ ²²⁶Ra و ²³²Th و ⁴⁰K كانت أعلى من المستوى المسموح به (0.3 ملي سيفرت/سنه)، باستثناء العينات (S3، S5، S8).

INTRODUCTION

Natural radionuclides exist in all human environments; earth materials, water, air, foods, and even our own bodies contain naturally occurring radioactive elements. The long-lived ²³⁸U, ²³²Th, and their decay series, as well as the ⁴⁰K, are the primary natural radioactive sources of ionizing radiation (Tawalbeh et al., 2011). Radioactive elements such as uranium and thorium

are also present in cement plant atmospheres (Hussein et al., 2018). The detection of radionuclides in food is an important part of the environmental monitoring program. These natural radioactive sources account for the majority of the radiation doses received by humans (Alharbi & El-Taher, 2013). As a primary constituent of cellular material, naturally occurring potassium ⁴⁰K is present in almost all foods (Alharbi & El-Taher, 2013; Awudu et al., 2012;

*Corresponding author: Salha D. Y. Alsaadi: salha.dawood@omu.edu.ly, Physics Department, Faculty of Science, Omar Al-Mukhtar University, Al Bayda, Libya

Canbazoglu & Dogru, 2013; Mehra & Bala, 2014). Inhalation and ingestion are two ways radionuclides can enter the human body. Ingestion of radionuclides through food intake may account for a significant fraction of the average radiation doses to various organs of the body (Tawalbeh et al., 2011); thus, ingestion of radionuclides through food intake may account for a substantial fraction of the average radiation doses to various organs of the body, and this may also represent one of the important pathways for long-term health considerations (Al-Masri et al., 2004).

Food contains natural and man-made radionuclides that, when consumed, contribute to an effective internal dose. It is estimated that food consumption accounts for at least one-eighth of the mean annual dose due to natural sources. Average radiation doses to various organs of the body are also an important consideration for long-term health. Three long-lived naturally occurring radionuclides found in the earth's crust are ^{232}Th , ^{238}U (^{226}Ra), and ^{40}K . They typically enter the human body via the food chain (Amin & Ahmed, 2013). Natural radioactivity measurements in environmental elements have been carried out in various countries in order to establish baseline data from natural radiation levels (Ahmad et al., 2015).

The data on the radioactivity of radium, thorium, and potassium in food are related directly to population safety; thus, the purpose of this study was to provide primary radiometric data on radioactivity in grain food. The primary goal of this study is to determine the activity concentration levels of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , and ^{40}K in various types of foodstuff in different markets in Libya, in order to ensure that food safety is not jeopardized and that effective doses due to ingestions are within the specified safety limits. Several studies have been conducted in various countries to determine the radionuclide concentration in various food sam-

ples and the dose assessment from population consumption of that foodstuff (Awudu et al., 2012). Grains and their products are considered staple foods because they are the main component of daily meals, such as bread, rice, and pasta. The levels of radioactive materials in some grains consumed by the populace must be carefully measured to forecast any potential radiological risk.

MATERIALS AND METHODS

For radioactivity measurements, a total of ten samples of fodder, each of mass 1 Kg, were collected from different Libyan markets. These feeds included wheat, barley, corn, feed mixture, and others, which were cleaned, ground, and dried in the electric oven in the laboratory at 110C° for one hour per sample to get rid of moisture in samples. Samples were weighed, then stored in polymer containers of 250 cm³ volume for at least 28 days to allow radioactive equilibrium to be reached. This step is necessary to ensure that radon gas is confined within the volume, and that the daughters will also remain in the sample to allow radioactive equilibrium to be reached.

The aim of this work: This work was aimed to examine the natural radionuclides in foodstuff samples used as main animal fodder. A high-efficiency NaI (TI) gamma-ray spectrometer was used to make the measurements after samples of different foodstuff were collected from local markets in Libya for the determination of the presence of natural radionuclides in some samples, which was one of the main goals in this study, as well as determining the natural concentration to estimate the radiation hazard indicators, and the equivalent annual gonadal dose equivalent (AGED) in foodstuff samples.

A Gamma-ray spectrometer with scintillation detector NaI(TI) from ORTEC was used and consists of a single crystal "3×3" inch of thallium activated sodium iodide, with an energy resolution of 7.9% and efficiency of 4.6% at 662 keV. Energy calibration and efficiency

calibration of gamma spectrometer was carried out using (⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, and ²²Na) in the Advanced Nuclear lab-Department of Physics-faculty of Science -Omer El-Mukhtar University, El-Baida, Libya. This has five gamma-ray emitters ranging from 511 keV to 2500 keV. The standard source was put over the detector with a geometric match exactly that of the geometrical sample form and with the same distance between the sample and the detector. The shield must be used to reduce the radioactive background; the shielding used in this study consists of two layers: the first of stainless steel with a width of (10 mm) and the second layer of lead (15 mm) (Sutherland & De Jong, 1990).

Table (1). Description of the samples

Samples No	Description
S1	Ukrainian corn [Marai El-Morouj company].
S2	Imported feed mixture.
S3	Patriotic wheat [El-Marj].
S4	Patriotic barley [El-Marj].
S5	Wheat bran [production of flour mills].
S6	Ukrainian corn [bright horizon company].
S7	Imported feed mixture [Bright Horizon company].
S8	Ukrainian wheat.
S9	Ukrainian barley [Bright Horizon company].
S10	American corn.

Calculation of activity concentration: The activity of a radiation source is the rate at which the isotope decays. Radioactivity may be thought of as the volume of radiation produced in a given amount of time. The radioactivity concentration of the different identified radionuclides was calculated by gamma-ray spectrometry with the following simple relation [Tsoufanidies, 1983].

$$C = \frac{\text{Net area (CPS)}}{I_{\gamma} \times \xi \cdot M} \quad (1)$$

Where:

C= Activity concentration of the gamma spectral line in Bq/kg.

Net area (cps) = the net detected counts per second corresponding to the energy

ξ = Counting system efficiency of the energy.

M = Mass of sample in kg.

I_γ= Intensity of the gamma spectral.

Calculation of Annual gonadal dose equivalent (AGDE): Gonads, bone marrow and bone surface cells are major organs to which UNSCEAR has given great importance due to their sensitivity to radiation. An increase in (AGED) has been known to affect the bone marrow, causing destruction of the red blood cells that are then replaced by white blood cells. The equivalent annual dose of gonads (AGED) from C_{Ra}, C_{Th}, and C_K activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K, respectively, was calculated, then we must calculate the annual gonadal equivalent dose for Food-stuff samples as:(Avwiri et al., 2014).

$$AGDE = (3.09C_{Ra} + 4.18C_{Th} + 0.134C_K) \times 10^{-3} \quad (2)$$

Where:

C_{Ra}, C_{Th}, and C_K are the activity concentration of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in (Bq/Kg) (El-Taher & Makhluif, 2010; Vahid, 2013).

RESULTS

Table (2). The activity concentration in (Bq/Kg) of ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁸U, and ⁴⁰K for the samples.

Sample	²²⁶ Ra	²³² Th	²³⁸ U	⁴⁰ K
S1	44.84	45.32	89.59	480.92
S2	19.14	59.64	61.41	446.72
S3	26.83	39	25.42	216.87
S4	78.87	62.13	75.86	278.95
S5	27.88	33.52	24.86	139.22
S6	49.49	32.84	41.36	101.83
S7	56.2	116.07	46.02	248.22
S8	45.87	31.09	45.58	115.37
S9	99.79	124.93	103.01	124.85
S10	77.35	62.87	79.86	137.8
P.L	50	15	20	420

The Activity concentrations of the studied foodstuff samples are lower than the permissible level for radium (50) Bq/Kg (UNSCEAR, 2010), except for samples No.

(S4, S7, S9, and S10) as shown in Fig. (1). The Activity concentrations are higher than the permissible level for thorium (15) Bq/Kg (UNSCEAR, 2010), for all samples as shown in Fig.(2). The Activity concentrations are higher than the permissible level for uranium (20) Bq/Kg (UNSCEAR, 2010), for all samples as shown in Fig.(3), and the activity concentrations are lower than the permissible level (420) Bq/Kg for potassium (UNSCEAR, 2010), except samples No (S1 and S2) as shown in Fig.(4).

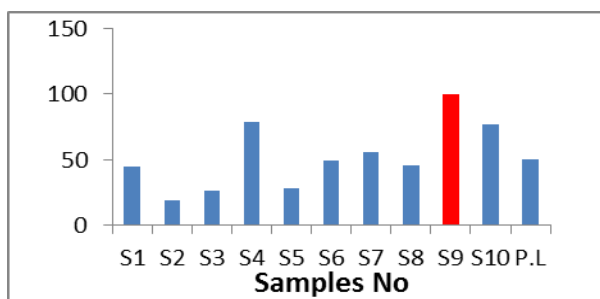


Figure: (1). The activity concentration of ²²⁶Ra in samples.

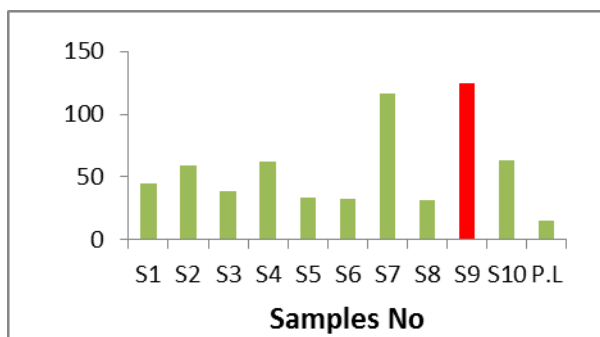


Figure: (2). The activity concentration of ²³²Th in samples

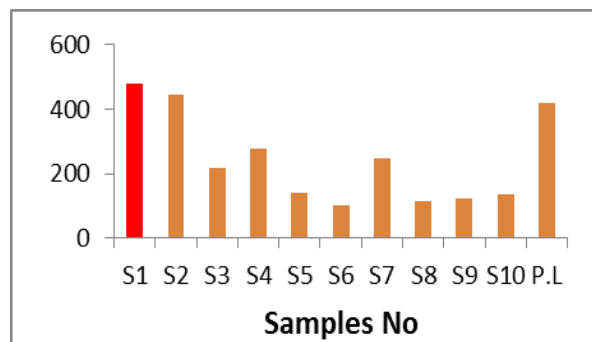
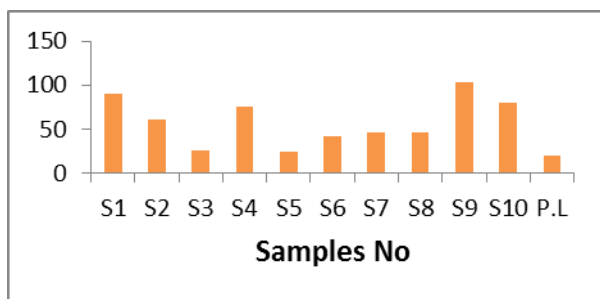


Figure: (4). The activity concentration of ⁴⁰K in samples

Table: (3).The values of the annual gonadal dose equivalent (AGDE) in (mSv/y)

Samples No	AGDE (mSv/y)
S1	0.39
S2	0.37
S3	0.27
S4	0.54
S5	0.24
S6	0.3
S7	0.69
S8	0.29
S9	0.85
S10	0.52
P.L	0.3

The Annual gonadal dose equivalent (AGDE) values ranged from (0.24 to 0.85) mSv/y. The annual gonadal dose equivalent values are higher than the permissible level (0.3mSv/y) (UNSCEAR, 2010), expect samples No (S3, S5, S8), as shown in Fig. (5).

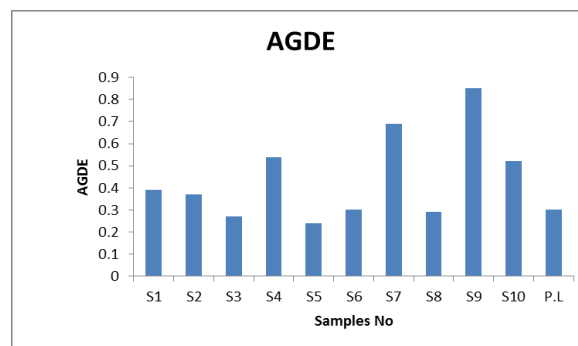


Figure: (5). The values of the annual gonadal dose equivalent (AGDE) in (mSv/y).

CONCLUSION

For ten different foodstuff samples, the activity concentration of radionuclides ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , and ^{40}K and their radiological hazards were measured using a gamma-ray spectrometry system consisting of a NaI (TI) detector.

In this investigation, The activity concentrations of the studied foodstuff samples are lower than the permissible level for radium except for samples No (S4, S7, S9, and S10), The Activity concentrations are higher than the permissible level for thorium for all samples, The Activity concentrations are higher than the permissible level for uranium for all samples and The Activity concentrations are lower than the permissible level for potassium, except samples (S1 and S2).

The values of annual gonadal dose equivalent are higher than the permissible level (0.3mSv/y) (UNSCEAR, 2010), expect samples No (S3, S5, S8).

Through this research, we found that the safest and most recommended food for animals is sample No.5 Wheat bran, local industry [production of flour mills].

Duality of interest: The authors declare that have no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: The contribution is equal between the two authors

Funding: This manuscript did not receive funding

REFERENCES

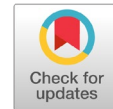
- Ahmad, N., Jaafar, M., & Alsaffar, M. (2015). Natural radioactivity in virgin and agricultural soil and its environmental implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia. *Pollution*, 1(3), 305-313.
- Al-Masri, M., Mukallati, H., Al-Hamwi, A., Khalili, H., Hassan, M., Assaf, H., Amin, Y., & Nashawati, A. (2004).

Natural radionuclides in Syrian diet and their daily intake. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 260, 405-412.

- Alharbi, A., & El-Taher, A. (2013). A study on transfer factors of radionuclides from soil to plant. *Life Science Journal*, 10(2), 532-539.
- Amin, R. M., & Ahmed, F. (2013). Estimation of annual effective dose to the adult Egyptian population due to natural radioactive elements in ingestion of spices. *Advances in Applied Science Research*, 4(5), 350-354.
- Avwiri, G., Olatubosun, S., & Ononugbu, C. (2014). Evaluation of radiation hazard indices for selected dumpsites in Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. *International Journal of Science and Technology Volume*, 3(10).
- Awudu, A., Faanu, A., Darko, E., Emi-Reynolds, G., Adukpo, O., Kpeglo, D., Otoo, F., Lawlubi, H., Kpodzro, R., & Ali, I. (2012). Preliminary studies on ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th and ^{40}K concentrations in foodstuffs consumed by inhabitants of Accra metropolitan area, Ghana. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 291(3), 635-641.
- Canbazoglu, C., & Dogru, M. (2013). A preliminary study on ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs activity concentrations in vegetables and fruits frequently consumed by inhabitants of Elazığ Region, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 295, 1245-1249.
- El-Taher, A., & Makhluf, S. (2010). Natural radioactivity levels in phosphate fertilizer and its environmental

implications in Assuit governorate, Upper Egypt.

- Hussein, A. M., Abdullah, K. O., Faraj, K. A., & Hamamin, D. F. (2018). Radon concentration in the work atmosphere of cement plants in the sulaymaniyah area, Iraq. *ARO-The Scientific Journal of Koya University*, 6(1), 7-12.
- Mehra, R., & Bala, P. (2014). Assessment of radiation hazards due to the concentration of natural radionuclides in the environment. *Environmental earth sciences*, 71, 901-909.
- Sutherland, R., & De Jong, E. (1990). Statistical analysis of gamma-emitting radionuclide concentrations for three fields in Southern Saskatchewan, Canada. *Health physics*, 58(4), 417-428.
- Tawalbeh, A., Abumurad, K., Samat, S., & Yasir, M. S. (2011). A study of natural radionuclide activities and radiation hazard index in some grains consumed in Jordan. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 15(1), 61-69.
- UNSCEAR, (2010). Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2010.
- Vahid, C. (2013). Measurement of Ra-226, Th-232, Cs-137 and K-40 activities of Wheat and Corn Products in Ilam Province–Iran and Resultant Annual Ingestion Radiation Dose, (April 2016).



The Constructions of the Square Complex of a Diagram Group from a Graphical Presentation

Kalthom M. Alaswed

Department of Mathematical, Faculty of Science, Gharyan University, Libya

ARTICLE HISTORY

Received:
5 January 2023

Accepted:
7 June 2023

Keywords:

Diagram groups,
Semigroup presentation,
Generators,
Maximal subtree.

Abstract: In this paper, we may obtain diagram groups for any given graphical presentation. These groups can be viewed as the fundamental group of squire complexes. Let ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4 : a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$ be a semigroup presentation. The problems are divided into several cases according to the length of words, with all vertices in 4K_i being words of the length i . The main aim of this article is to construct the connected square complex graph 4K_i of a diagram group from semigroup presentation 4S . Then we will prove ${}^4K_{i+1}$ is the covering squire complexes for 4K_i for all $i \in \mathbb{N}$. Then the covering space is identified for all connected square complex graphs by picking normal subgroups from the diagram group that was previously obtained from the semigroup presentation. This research introduces how to associate H with the covering space ${}^4K_{H_i}$, how to determine the generators for covering space ${}^4K_{H_i}$, and what ${}^4K_{H_i}$ looks like.

إنشاء المجمع المربع لمجموعة مخططات من عرض بياني

الكلمات المفتاحية :

مجموعة مخططات،
عرض شبه زمرة،
مولدات،
الشجرة الجزئية العظمى.

المستخلص : في هذه الورقة، لاي عرض بياني، قد نحصل على مجموعة مخططات. هذه المخططات يمكن النظر اليها على أنها المجموعة الأساسية للمجموعات المربعة. ليكن ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4 : a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$ عرض شبه زمرة، نقسم المشكلة الى عدة حالات وفقاً لطول المسار مع جعل جميع القمم في 4K_i هي كلمات ذات طول i . الهدف الرئيسي من هذه المقالة هو إنشاء بيان متصل مربع 4K_i من شبه الزمرة 4S . ثم سنثبت أن ${}^4K_{i+1}$ هو غطاء ل 4K_i لأجل كل $i \in \mathbb{N}$. ومن ثم تحديد مساحة الغطاء لجميع البيانات المتصلة المربعة عن طريق اختيار زمرة جزئية ناظمية من المخطط التي تم الحصول عليه سابقاً من 4S . نقدم كذلك كيفية ربط H مع الغطاء ${}^4K_{H_i}$ وكيف يمكن إيجاد مولدات ${}^4K_{H_i}$ وكيف يبدو شكل ${}^4K_{H_i}$.

INTRODUCTION

The first definition of diagram groups was introduced by (Meakin & Sapir, 1993); however, their student, (Kilibarda, 1994, 1997), had worked out the first result on a diagram group. Her work proved that every equivalence class of semigroup diagrams contains a unique diagram without dipoles. Such diagrams are called 'reduced'. Further results about diagram groups were discussed in the published work of (Guba & Sapir,

1997; Guba & Sapir, 2006a, 2006b; Guba, 2002; Guba & Sapir, 1999; Guba & Sapir, 2002) presented an equivalent complex to $K(S)$ and also referred to it as the Squire complex. Monoid pictures were studied by (Pride, 1991, 1993, 1995), whereas the notion of the pictures was attributed to (Guba, 2002). Guba used transistors with top label and bottom label and straight vertical wires, while Pride used a circle with two distinguished base points (Pride, 1993) or one distinguished base point (Pride, 1991) and arbitrary curves, respectively. (Nieveen & Smith, 2006)

discussed the ‘covering spaces’ and subgroups of free groups. (Gheisari & Ahmad, 2010a, 2010b) managed to obtain the generators and the spanning tree in graphs from diagram groups over semigroup presentation using the lifting method.

Diagram groups are one form of geometrical objects called "semigroup diagrams". Each diagram group is determined by an alphabet X , containing all possible labels of edges, a set of relations $r = \{U_i = V_i, i = 1, 2, \dots\}$, containing all possible labels of cells, and a word W over X - the label of the top and bottom paths of diagrams. Diagrams can be considered 2-dimensional words, and diagram groups can be considered a square dimensional analogue of a free group.

If a group is representable by diagrams (that is, it is a subgroup of a diagram group), then one can use the geometry of planar graphs to deduce certain properties of the group. (Guba & Sapir, 1997) viewed diagrams as 2-dimensional words; they developed a calculus called combinatorics on diagrams. The geometry of diagrams allows one to consider many homomorphisms from diagram groups into the group of piecewise linear homeomorphisms of the real line. Thus, a connection between groups is represented by diagrams, and groups are represented by piecewise linear functions. This connection can be used in both directions.

Let $S = \langle X; r \rangle$ be a semigroup presentation. Then the diagram group $D(S, W)$ can be obtained, where W is a positive word on X , as given by (Guba & Sapir, 1997). The square complex, associated with semigroup presentation S , is denoted by $K(S)$ with a binary operation, $[\alpha].[\beta] = [\alpha\beta]$, and forms a group named the ‘fundamental group’ with the basepoint W , denoted by $\pi_1(K(S), W)$, where α, β are two closed paths. (Kilbarda, 1994, 1997) proved that every diagram group over semigroup presentation S is isomorphic to the fundamental group of 2-complex associated with this presentation. It will be

demonstrated in this article that the square complex K obtained from S is actually a union of K_i , where K_i contains all vertices of length i .

As with square complexes, it is possible to obtain all connected square complex graphs 4K_i for all $i \in \mathbb{N}$ from semigroup presentation ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4; a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$, depending on the length of the words. Then the projection mapping between 4K_i and ${}^4K_{i+1}$ can be obtained. It is important to note that any square complex will contain vertices, edges, and 2-cells. A square complex without 2-cells is simply a graph. From those semigroup presentations the covering space for all connected square complex graphs 4K_i , $i \in \mathbb{N}$ can be determined by picking groups from the resulting diagram group.

As with a group, it is sufficient to determine the group’s generators. These generators can be obtained from the square complex by identifying the maximal subtree T . Fix a vertex v , where v belongs to square complex graph 4K_i , $i \in \mathbb{N}$, and let e be an edge such that $e \notin T$, then $\gamma_{i(e)}e(\gamma_{\tau(e)})^{-1}$ is the generator, where $\gamma_{i(e)}, \gamma_{\tau(e)}$ are paths in the maximal subtree T from $v \in {}^4K_i$, $i \in \mathbb{N}$, to the initial and terminal of e , respectively.

PRELIMINARIES

In this section, we introduce some concepts, terminologies, and theorems, such as semigroup presentation, graphs, and square complexes that are necessary to highlights.

Definition 1: Let X be the set of alphabets. A semigroup presentation S is a pair $\langle X; r \rangle$, where $r \subseteq X \times X$. An element $x \in X$ is called a ‘generating symbol’; while an element $(U, V) \in r$ is called a ‘defining relation’, and is usually written as $U = V$. The semigroup defined by a presentation is X^+ / \approx , where \approx is the smallest congruence on X^+ containing r . More generally, a semigroup S is said to be defined by the presentation $\langle X; r \rangle$ if

$S \cong X^+ / \approx$. Thus, elements of S are in one-one correspondence with congruence classes of words from X^+ representing elements of S . For the sake of simplicity, it will be always assumed that the set of relations r in every semigroup presentation $S = \langle X : r \rangle$ satisfies the following condition: if $(U, V) \in r$, then $(V, U) \notin r$.

Definition 2: A graph Γ consists of five pairs $(E, V, i, \tau, -1)$ where V and E are two disjoint finite sets. Set V is known as the set of vertices; while E as the set of edges. Symbols $i, \tau, -1$ are functions:

$$i : E \rightarrow V, \quad \tau : E \rightarrow V, \quad -1 : E \rightarrow V$$

such that:

$$i(e) = \tau(e^{-1}), \tau(e) = i(e^{-1}), e \neq e^{-1} \quad \forall e \in E.$$

If e is an edge, then $i(e)$ is called the ‘initial vertex’ of e , and $\tau(e)$ is called the ‘terminal vertex’ of e .

Definition 3: A graph Γ is connected if and only if $\forall (v_1, v_2) \in V$, then there exists a path γ , such that $i(\gamma) = v_1$ and $\tau(\gamma) = v_2$. That means a graph Γ is said to be connected if any two vertices can be joined by a path.

Theorem 1 (Cohen, 1989; Rotman, 1995; Serre & Serre, 1980) : Let K be a connected 2-complex and fix a vertex v . The algebraic system

$$\pi_1(K, v) = \{[\alpha] : i(\alpha) = \tau(\alpha) = v\}.$$

with binary operation $[\alpha] \cdot [\beta] = [\alpha\beta]$ forms a group named the first fundamental group of K with base point v . The identity is $[1_v]$, while the inverse $[\alpha]^{-1} = [\alpha^{-1}]$.

Definition 4: A tree T in Γ is a connected graph without a cycle (loop). If a tree T contains all vertices of graph Γ , then T is called a maximal subtree or spanning tree. Geodesic in a tree is a path without backtracking, that is if γ and λ belong to Γ are two paths such that $i(\gamma) = i(\lambda)$ and $\tau(\gamma) = \tau(\lambda)$, then $\gamma = \lambda$.

Definition 5: A square complex K is a pair $\langle \Gamma : \mathfrak{R} \rangle$, where Γ is a graph and \mathfrak{R} is a set of cyclically reduced closed paths in Γ . Set Γ is called the skeleton of Γ and denoted by $K^{(1)}$, also the elements of r are called defining paths. This square complex is finite if Γ is finite, and it is connected if Γ is connected.

Definition 6: Let $K' = \langle \Gamma' : \mathfrak{R}' \rangle$ and $K = \langle \Gamma : \mathfrak{R} \rangle$ be square complex graphs. A mapping $\psi : K' \rightarrow K$ is a mapping of square complexes graph from Γ' to Γ , such that $\psi(\rho) \in \Gamma$ for each $\rho \in \Gamma'$.

Definition 7: Let $\psi : K' = \langle \Gamma' : \mathfrak{R}' \rangle \rightarrow K = \langle \Gamma : \mathfrak{R} \rangle$ be a mapping of square complexes. Then, ψ is said to be locally bijective if:

- i. It is locally bijective of graphs.
- ii. Γ consists of all the lifts of elements of \mathfrak{R} . (Note, in particular, that all lifts of elements of \mathfrak{R} must be closed).

Theorem 2 (Rotman, 2002; Rotman, 1995): Let $\psi : K' \rightarrow K$ be a mapping of square complexes graphs. If v is a vertex of K such that $\psi(\tilde{v}) = v$, then \tilde{v} is said to lie over v . Let α be a path in K with $i(\alpha) = v$ and suppose \tilde{v} lies over v . A path $\tilde{\alpha}$ in K' is said to be a lift of α at \tilde{v} if $\psi(\tilde{\alpha}) = \alpha$.

Theorem 3 (Rotman, 2002; Rotman, 1995): Let $\psi : K' \rightarrow K$ be a mapping of square complexes graphs. Then the following are equivalent:

- i. The map ψ is locally injective.
- ii. For each path α in K , if \tilde{v} lies over $i(\alpha)$, then α has at most one lift at \tilde{v} .

Theorem 4 (Rotman, 2002; Rotman, 1995): Let $\psi : K' \rightarrow K$ be a mapping of square complexes graphs. Then the following are equivalent:

- i. The map ψ is locally surjective.
- ii. For each path α in K , if \tilde{v} lies over $i(\alpha)$, then α has at least one lift at \tilde{v} .

Definition 8: If $\psi : K' \rightarrow K$ is a locally bijective map, then K' is called a covering

complex (**covering space**) of K . The mapping ψ is called the covering map (covering projection).

Definition 9: Let $S = \langle X: r \rangle$ be a semigroup presentation and U is a word on X , then

- i. If $U = a$ then, $\varepsilon(a)$ denotes the plane gph consisting of one edge with the initial (terminal) vertex coinciding with the initial (terminal) vertex of the edge, as shown in Figure 1.



Figure (1). Graph $\varepsilon(a)$

- ii. If $U = a_1 a_2 \dots a_n$, then $\varepsilon(U) = \varepsilon(a_1) + \varepsilon(a_2) + \dots + \varepsilon(a_n)$ is called the trivial (U, U) -diagram, and the plane graph as in Figure 2.

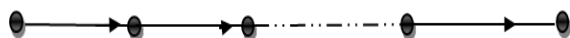


Figure (2). Trivial (U, U) -diagram

- iii. If $U = 1$ the empty diagram is denoted $\varepsilon(1)$.

Definition 10: Let U and V be positive words. Let us take the graphs $\varepsilon(U)$ and $\varepsilon(V)$ such that $i(\varepsilon(U)) = i(\varepsilon(V))$ and $\tau(\varepsilon(U)) = \tau(\varepsilon(V))$ and satisfy the following condition:

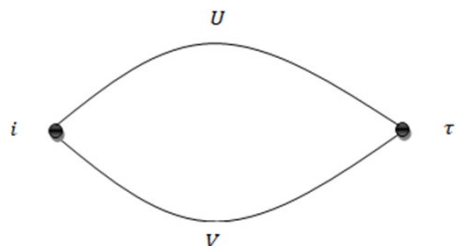


Figure (3). Elementary (U, V) -diagram

Definition 11: Let $M = N$ be a relation and let $(U, M \rightarrow N, V)$ be an edge of Γ (i.e. rewriting system). Then, the graph $\varepsilon(U) + \Psi_{M,N} + \varepsilon(V)$ is called the atomic diagram, corresponding to an edge given by Figure 4.

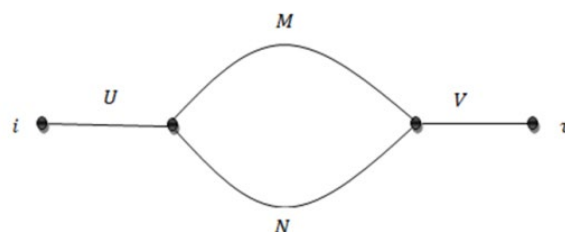


Figure (4). Atomic diagram

Definition 12: Any plane graph which is either equal to $\varepsilon(U)$ for some word U or is a concatenation of atomic diagram is called a **semigroup diagram**. If the label of the top path of a diagram is U and the label of the bottom path is V , then the diagram is called (U, V) -diagram.

Definition 13:(Rotman, 2002; Rotman, 1995) Let $\Omega : K' \rightarrow K$ be a mapping of graphs and $v' \in V'$. Consider $\text{star}(v')$, suppose that we break up $\text{star}(v')$ to two component where $\text{star}(v') = v$

$$\text{star}(v') = \text{star}(v^*) \cup \text{star}(\tilde{v})$$

such that

$$\text{star}(v^*) = \{e \in \text{star}(v') : \Omega(e) \neq 1_v\}$$

and

$$\text{star}(\tilde{v}) = \{e \in \text{star}(v') : \Omega(e) = 1_v\}.$$

So, we define here Ω is a locally injective on $\text{star}(v')$ if it is an injective on $\text{star}(v^*)$. Note that if $\text{star}(v') = \emptyset$ and Ω is a locally injective, then clearly Ω is injective.

Definition 14: Let $\Omega : K' \rightarrow K$ be a mapping of square complexes graphs. If \tilde{v} is a vertex in K' , then there is induced monomorphism

$$\Omega^* : \pi_1(K', v') \rightarrow \pi_1(K, \Omega(v'))$$

defined by $\Omega^*[\alpha'] = [\Omega(\alpha')]$. The mapping Ω^* is an injective if Ω is a locally bijective.

$$\text{Im } \Omega_H^* = H$$

Let H be a subgroup of $\pi_1(K(S), W)$ fix a vertex O in the connected square complex

graph. Now, the covering space ${}^4K_{H_i}$ will be constructed and then to obtain the covering map $\Omega_H: {}^4K_{H_i} \rightarrow {}^4K_i$ in a similar way. Let v be a vertex of 4K_i and consider the collection of paths

$$P_v = \{ [\alpha]: i(\alpha) = 0, \tau(\alpha) = v \}.$$

3 Constructions Of The General Square Complex Of Diagram Group

In this section we obtain the general method to determine the connected square complex of the diagram group over semigroup presentation ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4: a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$. Note that the connected square complex graph from 4S is collections of subgraphs. The square complex graph ${}^4K_i, i \in \mathbb{N}$ obtained from 4S is a union of 4K_i connecting all vertices of length i and respective edges.

For example, in Figure 5, the connected square complex graph 4K_1 obtained from graphical presentation with four generators as in Figure 5.

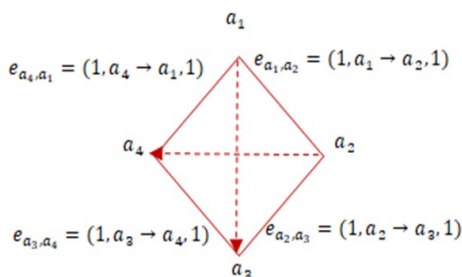


Figure (5). The connected 2-complex graph 4K_1

while 4K_2 is

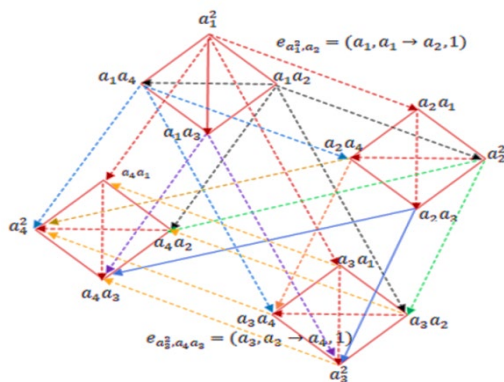


Figure (6). The connected 2-complex graph 4K_2

Note that 4K_2 is four copies of 4K_1 and each vertex in each copy are joined together respectively. Likewise with four copies of 4K_2 , the square complex graph 4K_3 may be obtained by repeating similar procedures with the result 4K_4 and so on. From those diagrams we can conclude some properties.

LEMMA 3.1 Let ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4: a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$ be a graphical presentation. A connected square complex graph 4K_n contains 4^n vertices.

PROOF: By induction, for $n = 1$ the number of all vertices in 4K_1 is 4. Assume the number of all vertices in 4K_k is 4^k where $n = k$. Now we will prove that the number of all vertices in ${}^4K_{k+1}$ is 4^{k+1} . By the definition of ${}^4K_{k+1}$ is four copies of 4K_k and assumption, then the number of all vertices in ${}^4K_{k+1}$ is $4 \cdot 4^k = 4^{k+1}$.

LEMMA 3.2

Let ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4: a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$ be a graphical presentation. A connected square complex graph ${}^4K_{n+1}$ is four copies of 4K_n . Thus, if there is e_n edges in 4K_n then the number of edges in ${}^4K_{n+1}$ is $4e_n$ plus all edges between squares in ${}^4K_{n+1}$, which is $e_{n+1} = 4e_n + 4^n$.

LEMMA 3.3 Vertices U and V are connected if and only if $L(U) = L(V)$.

LEMMA 3.4 If $L(U) = L(V)$ then $\pi_1(K^4(S), U) = \pi_1(K^4(S), V)$

LEMMA 3.5 Vertices of 4K_n are all words of length n .

The following theorem addresses the issue of covering graph.

MAIN THEOREM 1: A connected square complex graph ${}^4K_{i+1}$ is the covering space for 4K_i for all $i \in \mathbb{N}$.

PROOF: Our claim is to prove ${}^4K_{i+1}$ is the covering space of 4K_i , for all $i \in \mathbb{N}$. We will confirm by induction. for $i = 1$. The aim is to confirm that 4K_2 is the covering graph for 4K_1 .

It is noticed that the square complex graphs 4K_1 and 4K_2 are connected since that for any two vertices taken in these square complex graphs, there will be a path connecting them. So, let $\rho : {}^4K_2 \rightarrow {}^4K_1$ defined by:

$$\begin{aligned} \rho(a_1^2) &= \rho(a_2a_1) = \rho(a_3a_1) = \rho(a_4a_1) = a_1, \\ \rho(a_1a_2) &= \rho(a_2^2) = \rho(a_3a_1) = \rho(a_4a_1) = a_2, \\ \rho(a_1a_3) &= \rho(a_2a_3) = \rho(a_3^2) = \rho(a_4a_3) = a_3, \\ \rho(a_1a_4) &= \rho(a_2a_4) = \rho(a_3a_4) = \rho(a_4^2) = a_4, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{star}(a_1^2)} : \{e_{a_1^2, a_1a_2}, e_{a_1^2, a_1a_3}, e_{a_1^2, a_1a_4}, e_{a_1^2, a_2a_1}, e_{a_1^2, a_3a_1}, e_{a_1^2, a_4a_1}\} &\rightarrow \{e_{a_1, a_2}, 1_{a_1}, 1_{a_1}, 1_{a_1}, 1_{a_1}, 1_{a_1}\} \\ \rho_{\text{star}(a_1a_2)} : \{e_{a_1a_2, a_1a_3}, e_{a_1a_2, a_1a_4}, e_{a_1a_2, a_2^2}, e_{a_1a_2, a_3a_2}, e_{a_1a_2, a_4a_2}, e_{a_1a_2, a_4a_1a_2}\} &\rightarrow \\ \{e_{a_2, a_3}, 1_{a_1a_2}, 1_{a_1a_2}, 1_{a_1a_2}, 1_{a_1a_2}, 1_{a_1a_2}\} & \end{aligned}$$

It can be seen that in this case ρ is not a locally bijective. This part gets even more complicated. So, ρ is redefined to prove it is a locally bijective. Indeed, there are two cases to define the above ρ ; the first case is $\rho(e_{Wa, Wb}) = e_{a,b}$, while the second case is $\rho(e_{aW, bW}) = 1_W$, and hence can be ignored (refer to **Definition 13**).

$$\begin{aligned} \rho_{\text{star}(a_1^2)} : \{e_{a_1^2, a_1a_2}\} &\rightarrow \{e_{a_1, a_2}\} \\ \rho_{\text{star}(a_1a_2)} : \{e_{a_1a_2, a_1a_3}\} &\rightarrow \{e_{a_2, a_3}\} \end{aligned}$$

So, when ρ is a locally injective and locally surjective, consequently ρ is a locally bijective. Therefore 4K_2 is the covering complex for 4K_1 . This finding, in turn, bears evidence that the previous theorem (i.e., ${}^4K_{i+1}$ is the covering graph of 4K_i for $i \in \mathbb{N}$) is true.

For $i = k - 1$, assume 4K_k is the covering space for ${}^4K_{k-1}$.

$$\begin{aligned} \rho(e_{a_1^2, a_1a_2}) &= \rho(e_{a_1^2, a_2a_1}) = \rho(e_{a_1^2, a_3a_1}) = \\ \rho(e_{a_1^2, a_4a_1}) &= e_{a_1, a_2}, \\ \rho(e_{a_1a_2, a_1a_3}) &= \rho(e_{a_2^2, a_2a_3}) = \rho(e_{a_3a_2, a_3^2}) = \\ \rho(e_{a_4a_2, a_4a_3}) &= e_{a_2, a_3}, \\ \rho(e_{a_1a_3, a_1a_4}) &= \rho(e_{a_2a_3, a_2a_4}) = \\ \rho(e_{a_3^2, a_3a_4}) &= \rho(e_{a_4a_3, a_4^2}) = e_{a_3, a_4}, \\ \rho(e_{a_1a_4, a_1^2}) &= \rho(e_{a_2a_4, a_2a_1}) = \rho(e_{a_3a_4, a_3a_1}) \\ &= \rho(e_{a_4^2, a_4a_1}) = e_{a_4, a_1} \\ \rho(e_{a_1^2, a_2a_1}) &= 1_a, \rho(e_{a_1^2, a_3a_1}) = 1_a, \rho(e_{a_1^2, a_4a_1}) \\ &= 1_a, \rho(e_{a_1^2, a_4a_1}) = 1_a, \\ \rho(e_{a_1^2, a_1a_3}) &= 1_a, \end{aligned}$$

In order to prove that ${}^4K_{i+1}$ is the covering graph of 4K_i , it must be proved that ρ is a locally bijective for all vertices. It is found that

Now for $i = k$, the aim here is to confirm that ${}^4K_{k+1}$ is the covering complex for 4K_k . It is noticed that the square complex graphs 4K_k and ${}^4K_{k+1}$ are connected, since that for any two vertices taken in these square complex graphs, there will be a path connecting them. So it remains here to prove that ${}^4K_{k+1}$ is the covering complex for 4K_k . To attest that, let $\rho : {}^4K_{k+1} \rightarrow {}^4K_k$ defined by $\rho(Wa) = a$, where W is a word on $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ of length k , $a, b \in \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$, $\rho(e_{Wa, Wb}) = e_{a,b}$, and $\rho(e_{aW, bW}) = e_{a,b}$.

To prove ρ is a locally bijective, it must be proved that ρ is locally bijective for all vertices. Here, the same procedure taken previously for $i = 1$ will be repeated. So, $\rho_{x_i^{k+1}} : \text{star}(a_i^{k+1}) \rightarrow \text{star}(a_i^k), i = \{1, 2, 3, 4\}$ is a locally injective and locally surjective; thus, ρ is a locally bijective. This finding, in turn, bears evidence that the

previous theorem (i.e. ${}^4K_{k+1}$ is the covering complex for 4K_k) is true.

The following theorem highlights the technique of creating normal subgroup of one generator and discusses how to cover complex ${}^4K_{H_1}$ for the connected square complex 4K_1 .

MAIN THEOREM 2: Consider a connected square complex graph 4K_1 as shown in Figure 1, such that $G = \pi_1({}^4K_1, a_1)$ contains γ_1 , where $\gamma_1 = \langle e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4} e_{a_4,a_1} \rangle$. If H_1 is the smallest normal subgroup of G containing $\langle \gamma_1^2 \rangle$, then the covering space ${}^4K_{H_1}$ is an octagonal shape.

PROOF: Use the notion of $H(\beta_1) = H(\beta_2) \Leftrightarrow [\beta_1 \beta_2^{-1}] \in H$. From 4K_1 , $\pi_1({}^4K_1)$ can be obtained. Fix a vertex a_1 in 4K_1 . Now, for any normal subgroup of $\pi_1({}^4K_1, a_1)$, there exists a unique covering space. Start by choosing basic $H[\alpha]$ where α is a path such that $i(\alpha) = a_1, \tau(\alpha) = v$ for every vertex v in 4K_1 . As a result, these basic $H[1], H[e_{a_1,a_2}],$ and $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3}]$ will be selected, and then all possible edges can be determined, as shown in Table 1.

Table (1). Edges from $H[1]$ in ${}^4K_{H_1}$

Edges	Initial	Terminal
$(H[1], e_{a_1,a_2})$	$H[1]$	$H[e_{a_1,a_2}]$
$(H[1], e_{a_1,a_4})$	$H[1]$	$H[e_{a_1,a_4}]$

Since $\rho_H[H[1]] = a_1$ and $\text{star}(a_1) = 2$, then $\text{star}(H[1]) = 2$. Consider a vertex a_1 ; the vertex in ${}^4K_{H_1}$ is $H[1]$, and $H[1]$ in ${}^4K_{H_1}$ maps to a_1 . From $a_1 \rightarrow a_2$ in 4K_1 , the vertex in ${}^4K_{H_1}$ is $H[e_{a_1,a_2}]$, and the edge is $(H[1], e_{a_1,a_2})$. $H[e_{a_1,a_2}]$ in ${}^4K_{H_1}$ maps to a_2 in 4K_1 , as shown in Figure 7.

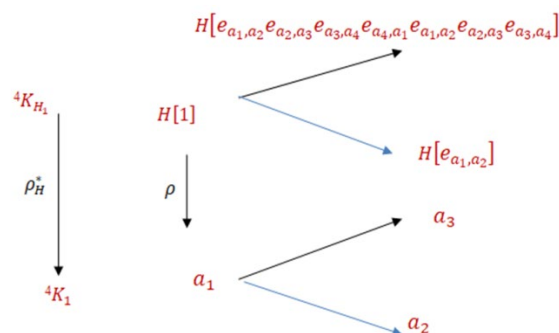


Figure (7). Mapping from ${}^4K_{H_1}$ to 4K_1

From a_1 to a_2 to a_3 , the vertex in ${}^4K_{H_1}$ is $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3}]$ and the edge is $(H[e_{a_1,a_2}], e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3})$. The vertex in ${}^4K_{H_1}$ maps to a_3 in 4K_1 . Now from a_1 to a_2 to a_3 to a_4 , the vertex in ${}^4K_{H_1}$ is $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4}]$ and the edge is $(H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3}], e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4})$. The vertex in ${}^4K_{H_1}$ maps to a_4 in 4K_1 . Again from a_1 to a_2 to a_3 to a_4 to a_1 in 4K_1 , the vertex in ${}^4K_{H_1}$ is $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4}]$ and the edge is

$(H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4}], e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4} e_{a_4,a_1})$. This vertex in ${}^4K_{H_1}$ maps to a_1 in 4K_1 . Since H_1 is the smallest normal subgroup of G containing

$\langle \gamma_1^2 \rangle$, a duplicate is needed to get all the vertices. So, the right cosets are as the following:

- $H[1]$
- $H[e_{a_1,a_2}]$
- $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3}]$
- $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4}]$
- $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4} e_{a_4,a_1}]$
- $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4} e_{a_4,a_1} e_{a_1,a_2}]$
- $H[e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4} e_{a_4,a_1} e_{a_1,a_2} e_{a_2,a_3} e_{a_3,a_4}]$

The edges are:

- $(H[1], e_{a_1, a_2})$
- $(H[e_{a_1, a_2}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3})$
- $(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4})$
- $(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1})$
- $(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2})$
- $(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3})$
- $(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4})$
- $(H[1], e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3})$.

So, ${}^4K_{H_1}$ will look like the depicted form in Figure 8, where

- $e_1 = e_{a_2, a_3}$
- $e_2 = e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4}$
- $e_3 = e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1}$
- $e_4 = e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2}$
- $e_5 = e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3}$
- $e_6 = e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4}$.

Now let $\rho_H^* : {}^4K_{H_1} \rightarrow {}^4K_1$ defined by $\rho_H^*(H[1]) = a_1, \rho_H(H[e_{a,b}]) = a, b, \rho_H(H[\alpha], e_{a,b}) = e_{a,b}$. This map can be viewed as locally bijective, so the covering complex ${}^4K_{H_1}$ will be an octagonal shape.

Since a_1 is a vertex of the connected square complex 4K_1 and $H[1]$ lies over a_1 , then $\rho_H^* : \pi_1({}^4K_{H_1}, H[1]) \rightarrow \pi_1({}^4K_1, a_1)$ is injective. Upon that, it is found that $\rho_H^* : \pi_1({}^4K_{H_1}, H[1]) \rightarrow \text{Im } \rho_H^* = H$. As a result, $H = \pi_1({}^4K_{H_1}, H[1])$ can be viably considered as a subgroup of $G = \pi_1({}^4K_1, a_1)$.

Now, we determine the generators for the fundamental group $\pi_1({}^4K_{H_1}, H[1])$ by using maximal subtree technique, choose a maximal

So

$$T(K_{H_1}) = (H[1], e_{a_1, a_2})(H[e_{a_1, a_2}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3})(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4})$$

$$(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1})(H[e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1}], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2})$$

$(H[1], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3})$. Hence, the edge $(H[1], e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4} e_{a_4, a_1} e_{a_1, a_2} e_{a_2, a_3} e_{a_3, a_4}) \notin T({}^4K_{H_1})$. Consequently, $T({}^4K_{H_1})$ will look like the depicted form in Figure 9.

subtree $T({}^4K_{H_1})$ for ${}^4K_{H_1}$ and suppose that $T({}^4K_{H_1})$ starts from $H[1]$.

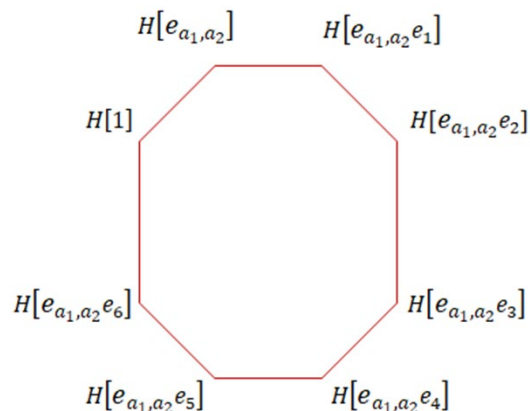


Figure (8). Covering complex ${}^4K_{H_1}$

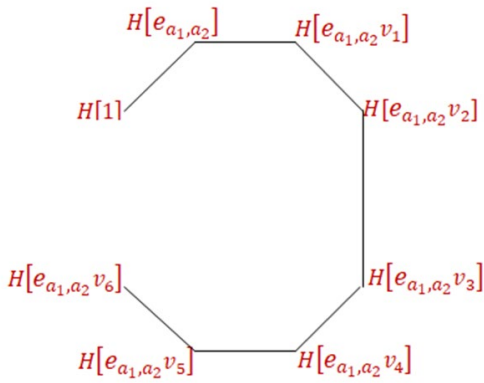


Figure (9). Maximal subtree $T(4K_{H_1})$

CONCLUSION

The paper introduced how to construct the connected 2-complex graph ${}^4K_i, i \in \mathbb{N}$ of a diagram group from semigroup presentations ${}^4S = \langle a_1, a_2, a_3, a_4: a_i = a_j; 1 \leq i < j \leq 4 \rangle$. The paper also showed that the square complex graphs were connected according to the length of words, and it proved that the connected square complex graph ${}^4K_{i+1}$ is the covering graph for 4K_i , for all $i \in \mathbb{N}$. The article discussed how to determine the covering space ${}^4K_{H_i}$ for all connected square complex graph ${}^4K_i, i \in \mathbb{N}$ by selecting normal subgroups from the diagram group. This paper also presented some diagrams.

REFERENCES

Cohen, D. E. (1989). *Combinatorial group theory: a topological approach*. CUP Archive.

Gheisari, Y., & Ahmad, A. G. (2010a). The class of isomorphic diagram groups over semigroup presentations. *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, 5, 2311-2318.

Gheisari, Y., & Ahmad, A. G. (2010b). Component of graphs from diagram groups over the union of two semigroup presentation with three different initial generators by adding

new relation. *Journal of International Mathematical Forum*,

Guba, V., & Sapir, M. (1997). *Diagram groups* (Vol. 620). American Mathematical Soc.

Guba, V., & Sapir, M. (2006a). Diagram groups and directed 2-complexes: homotopy and homology. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 205(1), 1-47.

Guba, V., & Sapir, M. (2006b). Diagram groups are totally orderable. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 205(1), 48-73.

Guba, V. S. (2002). Some properties of periodic words. *Mathematical Notes*, 72, 301-307.

Guba, V. S., & Sapir, M. V. (1999). On subgroups of R. Thompson's group and other diagram groups. *Sbornik: Mathematics*, 190(8), 1077.

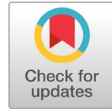
Guba, V. S., & Sapir, M. V. (2002). Rigidity properties of diagram groups. *International Journal of Algebra and Computation*, 12(01n02), 9-17.

Kilibarda, V. (1994). *On the algebra of semigroup diagrams* [PhD thesis, The University of Nebraska-Lincoln].

Kilibarda, V. (1997). On the algebra of semigroup diagrams. *International Journal of Algebra and Computation*, 7(03), 313-338.

Meakin, J., & Sapir, M. (1993). Congruences on free monoids and submonoids of polycyclic monoids. *Journal of the Australian Mathematical Society*, 54(2), 236-253.

- Nieveen, S., & Smith, A. (2006). Covering spaces and subgroups of the free group. *Oregon State University, Corvallis, Oregon*.
- Pride, S. (1991). Identities among relations of group presentations, in “Group Theory from a Geometrical Viewpoint”, edited by E. Ghys, A. Haefliger and A. Verjovsky: World Scientific.
- Pride, S. (1993). Geometric methods in combinatorial semigroup theory in *Semigroups, Formal Languages and Groups*, ed. J. Fountain: Kluwer.
- Pride, S. (1995). Geometric methods in combinatorial semigroup theory. *NATO ASI Series C Mathematical and Physical Sciences-Advanced Study Institute*, 466, 215-232.
- Rotman, J. (2002). *Advanced Modern Algebra*. New Jersey 07458: Pearson Education, Inc. Upper Saddle River.
- Rotman, J. J. (1995). *An introduction to homological algebra* (Vol. 2). Springer.
- Serre, J.-P., & Serre, J.-P. (1980). *SL 2. Trees*, 69-136.



ISSR Analysis to Detect Genetic Variation Among Some Lentil Genotypes in Syria

Rehab Al-Mousa*, Shahinaz Abbas, Alaa Alshaal, Khouzama Kountar

Department of Biotechnology, General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 01 January 2023</p> <p>Accepted: 04 May 2023</p> <p>Keywords: Genetic relationship, ICARDA lines, ISSR analysis, Lentil, local varieties.</p>	<p>Abstract: Lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik) plays a significant role in human and animal nutrition. It is important to generate baseline information on genetic diversity of local and introduced lentil in Syria. Therefore, this study aimed to assess diversity and relationship among two local varieties and 35 introduced lentil lines from ICARDA using 20 Inter Simple Sequence Repeats (ISSR) primers. 18 primers were able to amplify DNA bands with a total of 184 bands. Primers ISSR5, ISSR11, ISSR13, ISSR15 and ISSR16 presented 100% polymorphism percentage. The mean value of polymorphism percentage was 87.31%. ISSR primers could identify 19 unique bands in all genotypes, 12 of them were positive bands (present) and 7 were negative bands (absent). Primer ISSR11 was able to detect 3 positive unique bands in genotype Ln20. The UPGMA (unweighted pair group method with arithmetical averages) clustering based on ISSR data grouped 37 lentil genotypes into 6 clusters. The lowest genetic distance (0.20) was observed between (Ln15 and Ln16, Ln21 and Ln22, Ln27 and Ln28) which proves that they are closely related. While Ln24 presented the highest genetic distance (0.49) with both Ln18 and Idleb3 which refers to their genetic divergence.</p>
---	--

استخدام تحليل التكرارات التتابعية الداخلية البسيطة (ISSR) للكشف عن التباين الوراثي لبعض طرز العدس في سوريا

<p>الكلمات المفتاحية : العدس، أصناف محلية، تحليل التكرارات التتابعية الداخلية البسيطة ISSR، سلالات من ايكاردا، علاقة وراثية</p>	<p>المستخلص : يلعب العدس (<i>Lens culinaris</i>) دوراً مهماً في تغذية الإنسان، والحيوان. من المهم إنشاء قاعدة بيانات للتنوع الوراثي بين طرز العدس المحلية، والمدخلة في سوريا لذلك هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التنوع الوراثي، والعلاقة بين صنفين محليين، و35 سلالة من العدس مدخلة من ايكاردا باستخدام 20 بادئ لتقانة التكرارات التتابعية البسيطة الداخلية. استطاع 18 بادئ تضخيم 184 حزمة كلية. أعطت البادئات ISSR5، ISSR11، ISSR13، ISSR15، وISSR16 نسبة تعددية شكلية 100%، بينما بلغ متوسط التعددية الشكلية 87.31%. استطاعت بادئات ال ISSR أن تميز 19 حزمة فريدة، منها 12 حزمة موجبة (موجودة)، و 7 حزم سالبة (غائبة). استطاع البادئ ISSR11 أن يعطي أعلى عدد من الحزم الفريدة الموجبة (3)، والتي كانت جميعها في الطراز الوراثي Ln20. باستخدام طريقة المجموعات الزوجية غير المزانة (UPGMA) المعتمدة على تحليل ISSR تم تقسيم الطرز إلى 6 مجموعات اساسية. لوحظ أقل بعد وراثي (0.2) بين الطرز Ln15 وLn16، Ln21 وLn22، Ln27 وLn28، مما يثبت أنها قريبة وراثياً. بينما لوحظ أن الطراز Ln24 أظهر أكبر بعد وراثي (0.49) مع كل من الطرازين Ln18، و Idleb3 مما يشير إلى أنها متباعدة وراثياً.</p>
--	---

INTRODUCTION

Lentil (*Lens culinaris* Medik) is a leguminous crop has an important role in human health and agriculture (Pandey et al., 2018). It

belongs to the family *Leguminosae*. It is self-pollinated, diploid plant with $2n=2x=14$ chromosomes (Arumuganathan & Earle, 1991). Lentil ranks seventh among grain legumes and is grown on over 5 million hectares in over 44 countries, with annual

*Corresponding author: Rehab Al-Mousa: bebo-moussa13@yahoo.com, Department of Biotechnology, General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria

production and productivity of 6.54 million tons and 13049 kg/ha (FAO., 2021). Canada is the leading exporting nation, while India is the leading lentil consuming and producing nation (Bedard et al., 2010).

In Syria, the main lentil-production provinces are: Aleppo, Hasakeh, Idleb, Hama, Dara'a and Sweida. In Hasakeh, farmers have been considering expanding lentil cultivation as it requires less water than wheat and the cultivation season is short making it suitable crop to adopt to climate change. The area planted to food legumes has decreased since the onset of the conflict, but remained relatively stable since then (FAO., 2021). Production of lentil in Syria reached 200218 tonnes with yield of 17772 kg/ha in a harvested area amounted about 112657 ha which ranked the 10th in the world while Canada ranked the 1st with about 1.7 million hectare (FAO., 2021).

The world lentil collection is held by ICARDA which obtained from ICARDA collection missions, donor institutions and ICARDA's breeding programs (Coyne & McGee, 2013). The national program in different lentil growing region including Syria are widely using ICARDA enhanced lentil germplasm.

Knowledge of genetic diversity and population structure is a crucial step for an efficient use of available material in plant breeding and conservation programs (Mbasani-Mansi et al., 2019). Characterization of genetic resource collections has been greatly facilitated by the availability of a number of molecular marker systems. Different types of molecular markers have been used to assess the genetic diversity in crop species, but no single technique is universally ideal. Therefore, the choice of the technique depends on the objective of the study, sensitivity level of the marker system, financial constraints, skills and facilities available (Beyene et al., 2005). There are numerous DNA-based molecular marker

systems suitable for genetic diversity assessment. Inter simple sequence repeat (ISSR) marker, in addition to its suitability to genetic diversity study, is highly polymorphic, reproducible, cost effective, it requires no prior information of the sequence (Bornet et al., 2002).

These facts suggest that ISSR could be an unbiased tool to evaluate the changes of diversity in agronomically important crops (Kolodinska Brantestam et al., 2004). It is important to generate baseline information on genetic diversity of Syrian lentils. Therefore, this study aimed to assess diversity and relationship among local varieties and introduced lentil lines from ICARDA using ISSR markers.

MATERIALS AND METHODS

This study was performed during 2019-2021 at Molecular Genetics Laboratory, Department of Biotechnology, General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria.

Plant material: A set of 35 lines of lentil introduced from ICARDA and 2 local varieties (Idleb3 and Idleb5) were used in this study (Table, 1)

DNA extraction: Young leaves were collected from lentil seedlings and used for genomic DNA isolation using the cetyltrimethyl ammonium bromide CTAB method as described by (Lassner et al., 1989).

DNA was quantified using spectrophotometer by taking absorbance at A260 and A280.

DNA quality was checked by agarose gel electrophoresis. DNA bands without smears were considered for PCR amplification.

All genomic DNA samples were uniformed to a final concentration of 50 ng.µl⁻¹ and used for PCR amplification reactions.

Table (1). Entries information for 35 lentil lines introduced from ICARDA

Line No.	pedigree	Source
Ln 1	ILL7888/ILL5782	BARI/ICARDA
Ln 2	LC006600899Z×ILL6002	ICARDA
Ln 3	ILL8194×ILL8006	ICARDA
Ln 4	EP35	ICARDA
Ln 5	ILL7012×ILL6994	ICARDA
Ln 6	ILL5888×ILL6002	ICARDA
Ln 7	ILL7616/ILL2501	BARI/ICARDA
Ln 8	ILL7012×ILL6994	ICARDA
Ln 9	ILL6994×ILL9932	ICARDA
Ln 10	ILL6994× ILL9932	ICARDA
Ln 11	ILL88527× Subrata	ICARDA
Ln 12	ILL6994×ILL9932	ICARDA
Ln 13	-	ICARDA
Ln 14	ILL5888× ILL4605	ICARDA
Ln 15	ILL7537× ILL590	ICARDA
Ln 16	Alemaya× ILL8095	ICARDA
Ln 17	ILL6994× ILL5480	ICARDA
Ln 18	ILL6994×ILL9932	ICARDA
Ln 19	ILL6994×ILL9932	ICARDA
Ln 20	ILL6994× ILL5725	ICARDA
Ln 21	ILL6994×ILL9932	ICARDA
Ln 22	ILL6994× ILL5725	ICARDA
Ln 23	ILL6002× ILL4402	ICARDA
Ln 24	Indian landrace	ICARDA
Ln 25	ILL6994× ILL5725	ICARDA
Ln 26	ILL5883× L4147	ICARDA
Ln 27	ILL7723× ILL5883	ICARDA
Ln 28	ILL7616/ILL2501	ICARDA
Ln 29	ILL9848 × ILL8176	ICARDA
Ln 30	Iranian land race(P-604)	ICARDA
Ln 31	Alemaya× ILL8095	ICARDA
Ln 32	PI 379371	ICARDA
Ln 33	P 464	ICARDA
Ln 34	LIP97-33L× ILL8009	ICARDA
Ln 35	ILL6994 × ILL5480	ICARDA

DNA amplification and visualization by

ISSR analysis: Molecular polymorphism was assessed by a set of 20 ISSR primers (table, 2). The total reaction volume of PCR amplification was 25 µl containing KAPA Taq ready mix 2X, 20 pM primer and 100 ng of template DNA.

The amplification reaction was carried out in thermocycler (Biometramodell T-1 Thermoblock) under the following conditions: initial denaturation at 95°C for 5 minute; 37 cycles of 1 minute at 94 °C for denaturation, 1 minute for primer annealing at a (Ta)

according to the primer (Table, 2), and 1.30 minute at 72 °C for extension, with a final extension for 10 minutes at 72 °C.

Data analysis: ISSR bands were scored in a 0-1 binary format and analyzed using Total Lab 1D software. XLSTAT software (Xlstat, 2017) was used to calculate the Polymorphism Information Content (PIC) for each primer, and to build of the cluster dendrogram based on the UPGMA (unweighted pair group method with arithmetical averages) algorithm.

Table (2). ISSR primers profile (name, sequence and annealing temperature (Ta))

Primer No.	Primer Name	Primer Sequence	Ta (C°)
ISSR1	4	CAC ACA CAC ACA CAC AAC	48
ISSR2	A8302 41	ACT GAC TGA CTG ACT GAC TG	44
ISSR3	813	CTC TCT CTC TCT CTC TT	50
ISSR4	807	AGA GAG AGA GAG AGA GT GTC	50
ISSR5	8565	ACCACCACCACCACCACC AC	64
ISSR6	866	CTCCTCCTCCTCCTCCTC	53
ISSR7	W814	CTC TCT CTC TCT CTC TTG	45
ISSR8	8	CAC ACA CAC ACA CAC AGA C	48
ISSR9	862	AGCAGCAGCAGCAGCAGC	53
ISSR10	17899 B	CAC ACA CAC ACA GG	46
ISSR11	231	GAG TCT CTC TCT CTC TCT C	51
ISSR12	8082	CTC TCT CTC TCT CTC TCT G	51
ISSR13	NLSS R3	CAG CAGCAGCAGCAG	53
ISSR14	17	CAG CAC ACA CAC ACA CAC	51
ISSR15	5	CAC ACA CAC ACA CAC AGT	48
ISSR16	830	TGT GTG TGT GTG TGT GG	44
ISSR17	811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	44
ISSR18	812	GAG AGA GAG AGA GAG AA	48
ISSR19	8564	CACCACCACCACCACC AC C	48
ISSR20	16	CGT CAC ACA CAC ACA CAC	49

RESULTS

Twenty ISSR primers were used to access the genetic diversity among 37 lentil genotypes.

Out of them, 18 ISSR primers amplified successfully (Fig, 1). A total of 184 bands were generated using 18 ISSR primers with average 10.22 bands/ primer. Out of them, 164 bands were polymorphic with average 9.11 bands/primer, whereas only 20 bands were monomorphic with average 1.11 bands/primer. The highest number of amplified bands (15) was generated with primer (ISSR18), while the lowest number of amplified bands (6) was generated with primers (ISSR9 and ISSR14).

The size of the amplified bands ranged from 114.4bp in ISSR13 to 1783.78 bp in ISSR1. All bands amplified with primers (ISSR5, ISSR11, ISSR13, ISSR15 and ISSR16) were polymorphic (100%), while primer ISSR14 showed the lowest polymorphism percentage (50%). The mean value of polymorphism percentage was 87.31%.

PIC values ranged from 0.15 in primer ISSR3 to 0.39 in primer ISSR5 with average 0.28 (Table, 3).

The total number of unique bands obtained from all tested genotypes by 18 ISSR primers was 19 bands with average 1.06 bands/primer. Out of them, 12 bands were positive bands (present) with an average of 0.67 bands /primer, and 7 bands were negative bands (absent) with average 0.39 bands/primer. The highest number of unique bands (3) was registered with primer ISSR11 which were all of them positive bands (present), while primer ISSR1 showed the highest number (2) of negative bands (absent). Primers (ISSR2, ISSR6, ISSR13, ISSR14 and ISSR15) did not show any specific band (Table, 3).

Table (3). Molecular size, number of amplified bands (total, polymorphic, monomorphic), number of unique bands (total, positive, negative), polymorphism and PIC values generated with ISSR primers in lentil genotypes.

\ISSR primers	MW (bp)	No. of amplicons			Unique bands			P%	PIC
		T	PB	MB	T	+	-		
ISSR1	297.2-1783.78	11	9	2	2	0	2	82	0.25
ISSR2	267.8-743	7	6	1	0	0	0	86	0.33
ISSR3	244.2-1057.6	9	8	1	2	2	0	89	0.15
ISSR4	175.4-784.2	9	7	2	1	0	1	78	0.24
ISSR5	236.8-770.3	9	9	0	1	0	1	100	0.39
ISSR6	191.8-976.9	11	9	2	0	0	0	82	0.38
ISSR8	256.5-716	8	7	1	1	0	1	88	0.35
ISSR9	126.7-436.4	6	4	2	1	1	0	67	0.25
ISSR10	289.4-602.5	13	12	1	1	1	0	92	0.26
ISSR11	253.4-765.3	14	14	0	3	3	0	100	0.30
ISSR12	211.9-1200.1	9	8	1	1	1	0	89	0.27
ISSR13	114.4-867.4	13	13	0	0	0	0	100	0.31
ISSR14	311.4-651.9	6	3	3	0	0	0	50	0.23
ISSR15	334.7-875.5	11	11	0	0	0	0	100	0.33
ISSR16	293.8-1302.7	12	12	0	2	1	1	100	0.27
ISSR17	276.9-1133.1	10	9	1	1	0	1	90	0.30
ISSR18	312.6-1151.6	15	14	1	1	1	0	93.33	0.24
ISSR20	297.6-849.4	11	9	2	2	2	0	82	0.27
SUM		184	164	20	19	12	7		
Average		10.22	9.11	1.11	1.06	0.67	0.39	87.31	0.28

MW: molecular weight, T: total, PB: polymorphic bands, MB: monomorphic bands, +: positive unique band, -: negative unique band, P%: polymorphism, PIC: polymorphism information content

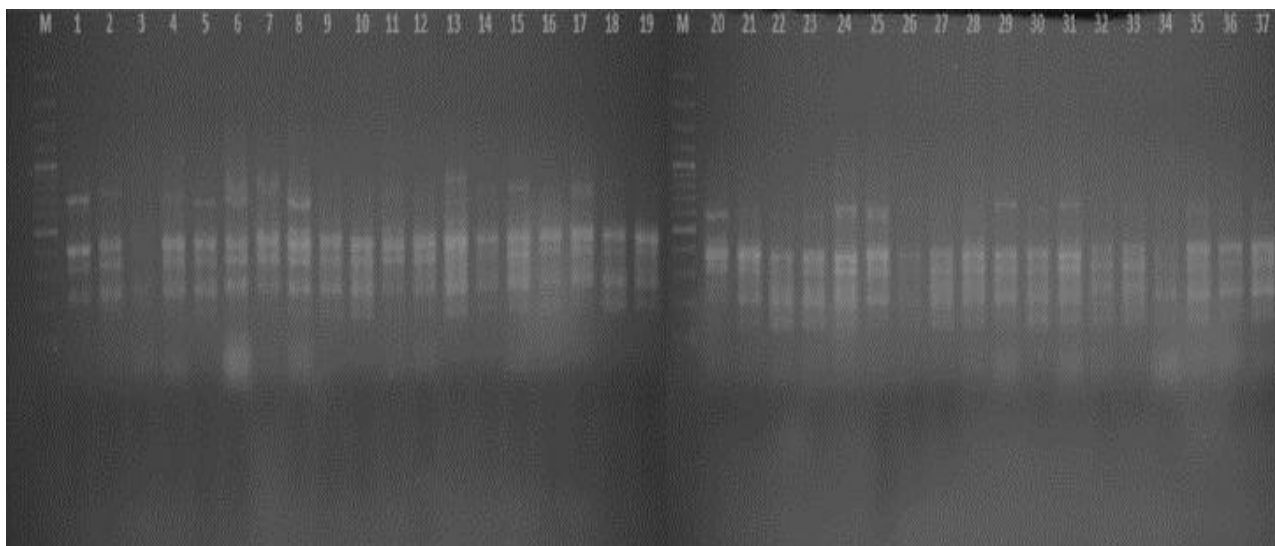


Figure (1). PCR amplification profile of 37 lentil genotypes with ISSR4 marker (M: ladder, lanes 1-35 present lines introduced from ICARDA Ln1 through Ln35, lanes 36-37 present local varieties Idleb3 and Idleb5).

Out of the 37 tested genotypes, only 12 genotypes (Ln3, Ln10, Ln13, Ln19, Ln20, Ln21, Ln24, Ln26, Ln32, Ln33, Idleb3, Idleb5) showed unique bands either positive or negative or both. The molecular size of the positive and negative unique bands illustrated in table 4 and 5 respectively.

Table (4). Positive unique bands generated in lentil genotypes by ISSR primers

Genotype	Primer	molecular size (bp)
Ln3	ISSR9	436.39
Ln19	ISSR20	849.42
Ln20	ISSR11	906.33
Ln20	ISSR11	822.39
Ln20	ISSR11	765.31
Ln21	ISSR16	1302.68
Ln24	ISSR3	655.39
Ln26	ISSR18	154.03
Ln26	ISSR20	420
Ln32	ISSR10	568.78
Ln33	ISSR12	211.94
Idleb3	ISSR3	244.2

The genetic distance of 37 lentil genotypes based on ISSR data revealed a wide range of values. The lowest genetic distance (0.20) was observed between (Ln15 and Ln16, Ln21 and

Ln22, Ln27 and Ln28) which proves that they are closely related. While Ln24 presented the highest genetic distance (0.49) with both Ln18 and Idleb3 (Table, 5) which refers to their genetic divergence.

Table (5). Negative unique bands generated in lentil genotypes by ISSR primers

Genotype	Primer	molecular size (bp)
Ln3	ISSR18	466.2
Ln10	ISSR1	392.07
Ln10	ISSR1	297.21
Ln13	ISSR4	360.15
Ln33	ISSR8	256.53
Idleb3	ISSR17	605.81
Idleb5	ISSR5	374.27

The UPGMA clustering based on ISSR data grouped 37 lentil genotypes into 2 main clusters. The first cluster made up of group C4 which included two genotypes (Ln23 and Idleb5). The second cluster made up of two subclusters; the first one included two groups (C3 and C6) each of them consist only one genotype (Ln18 and Idleb3, respectively), while the second subcluster divided into two sub sub-clusters; the first sub sub-cluster included three genotypes in one group C2

(Ln6, Ln7 and Ln24) while the second sub sub-cluster also made up of two sub sub sub-clusters; the first sub sub sub-cluster contained group C5(Ln28, Ln29, Ln30, Ln31, Ln32, Ln33, Ln34), while the second sub sub sub-cluster included the remaining genotypes in group C1 (Ln1, Ln2, Ln3, Ln4, Ln5, Ln8,

Ln9, Ln10, Ln11, Ln12, Ln13, Ln14, Ln15, Ln16, Ln17, Ln19, Ln20, Ln21, Ln22, Ln25, Ln35) (Fig2).

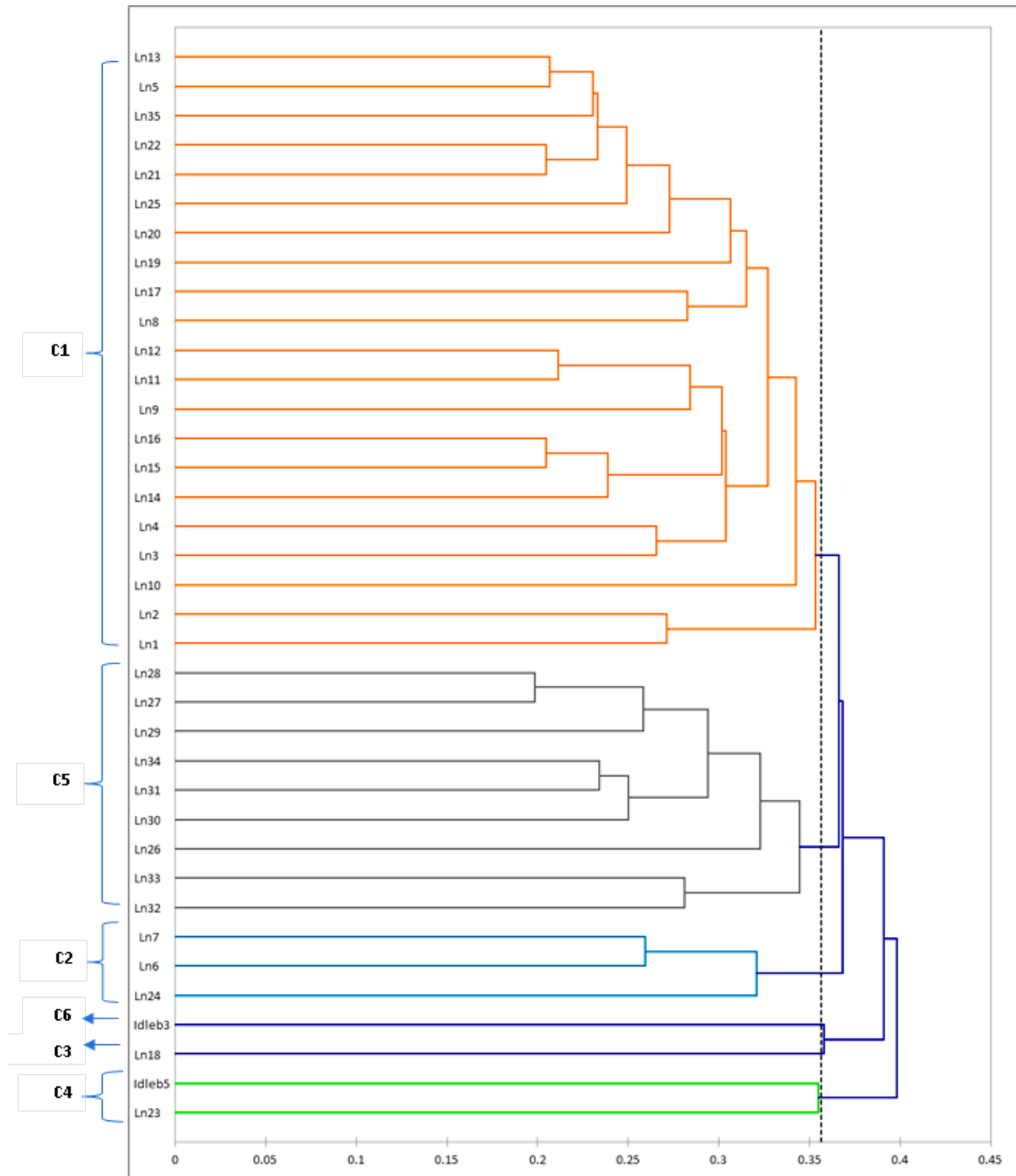


Figure (2). A dendrogram of 37 lentil genotypes derived by UPGMA based on data generated using ISSR primers.

Table (6). Dissimilarity coefficient matrix of lentil genotypes

	Ln1	Ln2	Ln3	Ln4	Ln5	Ln6	Ln7	Ln8	Ln9	Ln10	Ln11	Ln12	Ln13	Ln14	Ln15	Ln16	Ln17	Ln18	Ln19	Ln20	Ln21	Ln22	Ln23	Ln24	Ln25	Ln26	Ln27	Ln28	Ln29	Ln30	Ln31	Ln32	Ln33	Ln34	Ln35	Idleb3	Idleb5			
Ln1	0																																							
Ln2	0.27	0.00																																						
Ln3	0.34	0.28	0.00																																					
Ln4	0.34	0.29	0.27	0.00																																				
Ln5	0.38	0.35	0.34	0.29	0.00																																			
Ln6	0.39	0.34	0.32	0.30	0.40	0.00																																		
Ln7	0.39	0.37	0.33	0.34	0.41	0.26	0.00																																	
Ln8	0.39	0.39	0.39	0.33	0.29	0.29	0.33	0.00																																
Ln9	0.34	0.31	0.33	0.33	0.36	0.38	0.40	0.34	0.00																															
Ln10	0.37	0.38	0.33	0.34	0.35	0.41	0.43	0.35	0.31	0.00																														
Ln11	0.38	0.38	0.33	0.30	0.34	0.33	0.36	0.35	0.30	0.33	0.00																													
Ln12	0.37	0.36	0.28	0.26	0.29	0.28	0.30	0.27	0.27	0.30	0.21	0.00																												
Ln13	0.35	0.32	0.32	0.27	0.21	0.38	0.37	0.29	0.30	0.29	0.29	0.23	0.00																											
Ln14	0.35	0.36	0.37	0.35	0.35	0.36	0.38	0.36	0.36	0.38	0.32	0.34	0.29	0.00																										
Ln15	0.35	0.30	0.29	0.26	0.31	0.27	0.30	0.32	0.32	0.33	0.26	0.24	0.26	0.24	0.00																									
Ln16	0.31	0.30	0.29	0.26	0.33	0.31	0.28	0.32	0.31	0.33	0.30	0.26	0.28	0.23	0.20	0.00																								
Ln17	0.38	0.38	0.34	0.33	0.26	0.36	0.37	0.28	0.39	0.33	0.36	0.31	0.28	0.37	0.30	0.32	0.00																							
Ln18	0.39	0.35	0.39	0.36	0.33	0.45	0.44	0.42	0.30	0.35	0.38	0.36	0.31	0.36	0.40	0.39	0.35	0.00																						
Ln19	0.38	0.33	0.34	0.29	0.28	0.39	0.40	0.38	0.37	0.36	0.36	0.33	0.28	0.31	0.31	0.34	0.34	0.31	0.00																					
Ln20	0.41	0.37	0.36	0.34	0.29	0.36	0.39	0.30	0.38	0.39	0.35	0.27	0.27	0.40	0.30	0.36	0.33	0.42	0.37	0.00																				
Ln21	0.38	0.33	0.33	0.31	0.26	0.36	0.37	0.32	0.33	0.38	0.28	0.29	0.25	0.36	0.29	0.35	0.32	0.34	0.32	0.26	0.00																			
Ln22	0.37	0.38	0.36	0.36	0.21	0.42	0.40	0.35	0.34	0.31	0.34	0.29	0.21	0.32	0.32	0.33	0.28	0.31	0.29	0.29	0.20	0.00																		
Ln23	0.40	0.38	0.41	0.35	0.30	0.44	0.44	0.40	0.42	0.37	0.42	0.40	0.30	0.38	0.35	0.35	0.37	0.41	0.39	0.38	0.29	0.27	0.00																	
Ln24	0.42	0.41	0.40	0.36	0.42	0.31	0.34	0.35	0.42	0.45	0.33	0.34	0.37	0.35	0.32	0.34	0.39	0.49	0.41	0.39	0.34	0.39	0.38	0.00																
Ln25	0.39	0.39	0.40	0.34	0.24	0.44	0.44	0.35	0.40	0.37	0.36	0.32	0.25	0.36	0.32	0.36	0.31	0.33	0.29	0.25	0.28	0.22	0.30	0.43	0.00															
Ln26	0.44	0.36	0.38	0.34	0.37	0.36	0.38	0.33	0.34	0.36	0.35	0.30	0.37	0.40	0.31	0.32	0.43	0.40	0.39	0.36	0.34	0.36	0.39	0.38	0.39	0.00														
Ln27	0.41	0.32	0.34	0.29	0.33	0.35	0.32	0.39	0.37	0.39	0.29	0.32	0.32	0.36	0.25	0.32	0.40	0.43	0.36	0.33	0.33	0.33	0.37	0.34	0.34	0.27	0.00													
Ln28	0.42	0.37	0.34	0.34	0.37	0.39	0.37	0.39	0.37	0.35	0.34	0.36	0.36	0.32	0.28	0.35	0.41	0.43	0.36	0.39	0.37	0.33	0.40	0.37	0.39	0.30	0.20	0.00												
Ln29	0.43	0.42	0.43	0.38	0.41	0.43	0.45	0.44	0.43	0.40	0.40	0.43	0.41	0.37	0.36	0.42	0.44	0.46	0.44	0.41	0.42	0.34	0.42	0.40	0.39	0.39	0.27	0.24	0.00											
Ln30	0.34	0.35	0.36	0.35	0.28	0.39	0.38	0.29	0.37	0.36	0.35	0.33	0.31	0.32	0.31	0.32	0.37	0.37	0.36	0.33	0.31	0.25	0.30	0.37	0.30	0.32	0.28	0.28	0.33	0.00										
Ln31	0.37	0.39	0.41	0.35	0.39	0.35	0.38	0.40	0.43	0.43	0.40	0.41	0.40	0.33	0.34	0.38	0.42	0.45	0.41	0.40	0.37	0.33	0.38	0.35	0.38	0.38	0.33	0.32	0.29	0.24	0.00									
Ln32	0.40	0.35	0.41	0.39	0.39	0.33	0.35	0.40	0.43	0.45	0.39	0.40	0.41	0.32	0.32	0.35	0.43	0.47	0.41	0.41	0.38	0.38	0.38	0.37	0.45	0.36	0.29	0.36	0.39	0.33	0.29	0.00								
Ln33	0.38	0.36	0.39	0.37	0.40	0.40	0.38	0.43	0.42	0.47	0.41	0.37	0.39	0.38	0.34	0.35	0.46	0.46	0.44	0.37	0.35	0.40	0.38	0.42	0.39	0.38	0.32	0.41	0.42	0.35	0.37	0.28	0.00							
Ln34	0.39	0.34	0.39	0.33	0.34	0.36	0.34	0.38	0.39	0.38	0.36	0.37	0.34	0.33	0.31	0.34	0.38	0.36	0.38	0.35	0.35	0.32	0.35	0.36	0.33	0.28	0.25	0.26	0.29	0.26	0.23	0.28	0.28	0.00						
Ln35	0.37	0.29	0.30	0.27	0.22	0.35	0.33	0.30	0.34	0.38	0.32	0.28	0.24	0.33	0.28	0.33	0.35	0.36	0.32	0.27	0.22	0.25	0.32	0.38	0.25	0.33	0.27	0.30	0.36	0.25	0.33	0.34	0.29	0.26	0.00					
Idleb3	0.37	0.37	0.42	0.41	0.32	0.47	0.45	0.43	0.37	0.48	0.42	0.43	0.35	0.36	0.42	0.45	0.45	0.36	0.36	0.42	0.35	0.32	0.42	0.49	0.34	0.44	0.41	0.41	0.42	0.35	0.39	0.42	0.38	0.36	0.25	0.00				
Idleb5	0.48	0.42	0.45	0.42	0.42	0.48	0.45	0.44	0.47	0.47	0.41	0.41	0.41	0.45	0.44	0.46	0.46	0.48	0.44	0.41	0.34	0.39	0.36	0.44	0.39	0.45	0.41	0.39	0.43	0.38	0.44	0.46	0.40	0.40	0.32	0.38	0			

DISCUSSION

Various molecular markers were used in lentil genetic studies, including RFLP, RAPD, SSR, ISSR, AFLP, and SRAP. The choice of molecular marker is a critical step for geneticists and breeders (Mbasani-Mansi et al., 2019). ISSR markers are important to study intraspecific variations in plant species, as they are effective in detecting very low levels of genetic variation (Zietkiewicz et al., 1994).

In the present study, ISSR markers were successfully applied to evaluate genetic variation among some lentil lines introduced from ICARDA and two local varieties. These results agree with those obtained by (Fikiru et al., 2007; Toklu et al., 2009) in cultivated lentil and those obtained by (de la Vega & Vinagre, 2004) in wild lens.

Primers used in this study produced high levels of polymorphism with average (87.31%). In accordance with this result, (Babayeva et al., 2018) detected a high degree of polymorphism (84%), while (de la Vega & Vinagre, 2004) observed higher polymorphism rate (98.8%) in a set of lentil material using ISSR markers. The presence of a high percentage of polymorphism in this study confirms the high discriminative power of used ISSR markers in the studied lentil collection.

ISSR5, ISSR11, ISSR13, ISSR15 and ISSR16 with repeats (CT)_n, (CCA)_n, (CAG)_n, (CA)_n and (TG)_n, respectively, produced 100% polymorphism. This result disagreed with previous investigations in lentil (Joshi et al., 2013; Seyedimoradi & Talebi, 2014) who registered the lowest polymorphism percentage (75 and 67%, respectively) using primers with (CA)_n repeats.

In the present study, tested ISSR primers yielded high number of polymorphic bands per primer (9.11), which is higher than those resulted by (Seyedimoradi & Talebi, 2014).

Similarly, (Babayeva et al., 2018) observed 8.9 polymorphic bands/primer using 7 ISSR primers in 47 lentil genotypes, while (Toklu et al., 2009), using 10 ISSR primers for Turkish lentil landraces and cultivars, observed only 7.5 polymorphic bands per primer. Discrepancies of polymorphism indices among studies could be attributed to the informativeness level of the selected primers (Mbasani-Mansi et al., 2019).

Among a set of used ISSR primers, ISSR11 proved to be the most informative primer based on polymorphism and identifying unique bands. This primer is based on (CT)_n repeats. In accordance with this result, (Seyedimoradi & Talebi, 2014) found that primer UBC815 with (CT)_n repeats produced a high polymorphism percentage (75%). Primer ISSR11 recommends to be used for the identification of lentil genotypes with less time and cost. ISSR dendrogram was able to distinguish the 37 lentil genotypes into six groups. Similarly, (Fikiru et al., 2007) analyzed 70 Ethiopian lentil genotypes using ISSR markers and found five groups. Some genotypes showed wide divergence (Ln24 and Ln18; Ln24 and Idleb3), and their favorable characters should be taken into consideration in future breeding programs.

CONCLUSION

In conclusion, large number of genotypes should be analyzed with more numbers of primers to distinguish genetic variation in lentil genotypes, which can be applied in future breeding program for the improvement of lentil crop with respect to yield and different quality traits, to meet the increasing demand of farmers and consumers.

Duality of interest: The authors declare that they have no duality of interest associated with this manuscript.

Funding: No specific funding was received for this work, This work was supported by

General Commission for Scientific Agricultural Research.

REFERENCES

- Arumuganathan, K., & Earle, E. (1991). Nuclear DNA content of some important plant species. *Plant molecular biology reporter*, 9, 208-218.
- Babayeva, S., Akparov, Z., Amirov, L., Shikhaliyeva, K., Hasanova, S., Rustamov, K., Mirzayev, R., Izzatullayeva, V., Mirzaliyeva, I., & Mammadov, A. (2018). Genetic relationship among introduced lentil germplasm using agronomic traits and ISSR markers. *Genetika*, 50(2), 575-590.
- Bedard, T., Risula, D., Olekson, A., & Saskatchewan, T. (2010). Pulse growers overview of the canadian pulse industry 2009. *Canada: Agriculture and Agri-Food Canada*.
- Beyene, Y., Botha, A.-M., & Myburg, A. A. (2005). A comparative study of molecular and morphological methods of describing genetic relationships in traditional Ethiopian highland maize. *African journal of biotechnology*, 4(7), 586-595.
- Bornet, B., Muller, C., Paulus, F., & Branchard, M. (2002). Highly informative nature of inter simple sequence repeat (ISSR) sequences amplified using tri- and tetra-nucleotide primers from DNA of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *Genome*, 45(5), 890-896.
- Coyne, C., & McGee, R. (2013). Lentil. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (pp. 157-180). Elsevier.
- de la Vega, M. P., & Vinagre, M. Y. D. (2004). Assessment of genetic variation and species relationships in a collection of "Lens" using RAPD and ISSR. *Spanish journal of agricultural research*(4), 538-544.
- FAO. (2021). *SPECIAL REPORT: 2021 Fao Crop and Food Supply Assessment Mission to the Syrian Arab Republic-December 2021*. FAO.
- Fikiru, E., Tesfaye, K., & Bekele, E. (2007). Genetic diversity and population structure of Ethiopian lentil (*Lens culinaris* Medikus) landraces as revealed by ISSR marker. *African journal of biotechnology*, 6(12).
- Joshi, M., Verma, S., Singh, J., & Barh, A. (2013). Genetic diversity assessment in lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes through ISSR marker. *The Bioscan*, 8(4), 1529-1532.
- Kolodinska Brantestam, A., Von Bothmer, R., Dayteg, C., Rashal, I., Tuveesson, S., & Weibull, J. (2004). Inter simple sequence repeat analysis of genetic diversity and relationships in cultivated barley of Nordic and Baltic origin. *Hereditas*, 141(2), 186-192.
- Lassner, M. W., Peterson, P., & Yoder, J. I. (1989). Simultaneous amplification of multiple DNA fragments by polymerase chain reaction in the analysis of transgenic plants and their progeny. *Plant molecular biology reporter*, 7, 116-128.
- Mbasani-Mansi, J., Ennami, M., Briache, F. Z., Gaboun, F., Benbrahim, N., Triqui, Z. E. A., & Mentag, R. (2019). Characterization of genetic diversity and population structure of Moroccan lentil cultivars and landraces using molecular markers. *Physiology and*

Molecular Biology of Plants, 25(4), 965-974.

Pandey, A. K., Sengar, R. S., Kumar, A., Chand, P., & Yadav, R. (2018). Molecular characterization of Lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes through Simple sequence repeat (SSR) markers. *Biotech Today: An International Journal of Biological Sciences*, 8(1), 65-72.

Syedimoradi, H., & Talebi, R. (2014). Detecting DNA polymorphism and genetic diversity in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm: comparison of ISSR and DAMD marker. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20(4), 495-500.

Toklu, F., Karaköy, T., Hakkı, E., Bicer, T., Brandolini, A., Kilian, B., & Özkan, H. (2009). Genetic variation among lentil (*Lens culinaris* Medik) landraces from Southeast Turkey. *Plant Breeding*, 128(2), 178-186.

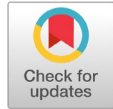
Xlstat, X. (2017). Data analysis and statistical solution for Microsoft Excel. *Addinsoft Paris, France*.

Zietkiewicz, E., Rafalski, A., & Labuda, D. (1994). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*, 20(2), 176-183.

Nesting Traps to Collect Solitary Cavity-Nesting Hymenoptera

Hamida B. Mirwan

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Libya



ARTICLE HISTORY

Received:
23 January 2023

Accepted:
25 April 2023

Keywords:
Libya,
Trap Nests,
Cavity-
Nesting,
Leaf-Cutter
Bees.

Abstract: The aim of this study to survey the bees species using nesting traps, determine the diameter and material of which the nests were made. This study was conducted at the Researches and experiments Station of the Faculty of Agriculture, University of Tripoli, using nesting traps. Traps were designed with diameters of 5,8,10 mm paper and 5 mm plastic drinking straws(tubes) with 20 cm long), the traps were mounted on trees that surrounding alfalfa field. The results showed that the percentage of occupied nests, were as follows: The paper nests strews 60% of 5 mm, 5% of 8 mm, (zero) of 10 mm, and only 5% of 5 mm plastic strews. Bees identification reveled one species as alfalfa leaf-cutter bee (*Megachile rotundata*, F: Megachilidae - Hymenoptera).The diameter of the straw was crucial in determining the sexual ratio, straws with 5 mm of diameter as the ratio of males to females was 1♀:1♂, whether paper or plastic strews, while 8 mm was 2♀:1♂.The research recommend reusing the nests made of paper tubes with 5 mm of diameter to collect the largest number of alfalfa leaf-cutter bees to get their benefits in pollinating the alfalfa crop.

مصادر الأعشاش لتجميع غشائيات الأجنحة (Hymenoptera) البرية المعششة في التجاويف

الكلمات المفتاحية:
ليبيا،
مصادر أعشاش،
تعشيش عميق،
النحل قاطع الأوراق.

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى إجراء مسح لأنواع النحل باستخدام مصائد التعشيش، وتحديد القطر، والمواد المناسبة التي صنعت منها الأعشاش. أجريت هذه الدراسة في محطة البحوث والتجارب بكلية الزراعة جامعة طرابلس باستخدام فخاخ التعشيش. تم تصميم الفخاخ بأقطار 5، 8، 10، 5 مم من قش الشراب (أنابيب) الورقي، و5 مم البلاستيكي بطول 20 سم)، تم تركيب المصائد على الأشجار المحيطة بحقل البرسيم. أظهرت النتائج أن نسبة الأعشاش المشغولة كانت على النحو التالي: أعشاش الورق 60% من 5 مم، 5% من 8 مم، (صفر) 10 مم، و5% فقط من 5 مم أعشاش بلاستيكية. كشف التعرف على النحل عن نوع واحد مثل: نحل البرسيم القاطع (*Megachile rotundata* - Hymenoptera, F: Megachilidae). كان قطر الشفاط حاسماً في تحديد النسبة الجنسية، حيث كان قطر القش بقطر 5 مم حيث كانت نسبة الذكور إلى الإناث 1♀:1♂، سواء كانت ورقية أو بلاستيكية، بينما كانت 8 مم 2♀:1♂. أوصى البحث بإعادة استخدام الأعشاش المصنوعة من أنابيب ورقية بقطر 5 مم لجمع أكبر عدد من نحل البرسيم القاطع لأوراق النحل للاستفادة من فوائده في تلقيح محصول البرسيم.

INTRODUCTION

Apoidea bees are the most important pollinators (Kevan, 1983), their release into farmland is the fastest and most effective way to provide sufficient numbers to meet the pollination requirements of many crops, and this is most often achieved with the use of honey bee hives (Apidae: Apini) (Free, 1993).

Recently with the management of bumblebee colonies (Apidae: Bombini), which are commercially available all year round, they have proven to be invaluable in pollinating plants in greenhouses (Kevan, 1991; Thorp, 2003). The study of the biology of nesting has enabled many researchers to explain its mechanisms and clarify its simplicity and its fullness for ease and the possibility of developing it. Alkali bees, (Halictidae: Nomiinae), which

*Corresponding author: Hamida B. Mirwan: H.mirwan@uot.edu.ly, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Libya.

have been extensively studied, have been successfully developed and commercially produced for pollinating of some crops, especially alfalfa (Steffan-Dewenter et al., 2002; Steffan-Dewenter, 2003; Stephen & Osgood, 1965) reported a method of propagating *Nomia* bees by means of artificial beds, Where he built artificial beds, they all succeeded as nests for *Nomia*, but he found that the shallow beds needed frequent water treatments. (Stephen & Osgood, 1965) also demonstrated in another way that a 50 ft by 30 ft which occupied with a good population of Alkali bees could be responsible for producing from 50,000 to 80,000 pounds of alfalfa seeds. Finally, it should be noted that the industrial bed may serve the pollination of alfalfa for many years, but it may be lost quickly if the water overflows or insects are exposed to predators, diseases, pesticides, or agricultural operations. Cavity-using bees, particularly of the Megachilidae family, also showed the greatest potential for evolution as controllable pollinators, as they readily accepted artificial nesting materials, including nesting traps (Cane et al., 2007).

Nesting traps are a method of collecting sampling for bees that use cavities and tunnels to make their nests, and they have been used for many years to study the numbers of Hymenoptera used cavities, and to monitor their diversity and abundance (Buschini, 2006; Danks, 1971; Frankie et al., 1998; Godfrey & Hilton, 1983; Krombein, 1967; Steffan-Dewenter, 2003; Taki et al., 2008) and by providing them with artificial cavities, such as holes drilled in wood blocks or cardboard tubes (Potts et al., 2005).

The nests are gathered and incubated until the full bees come out, and they are classified according to the species. This type of bees has been propagated on a large scale in western countries by producers of alfalfa seeds, using artificial nests. (Bohart, 1962; Stephen, 1961) tested crumpled paper, brewed straw, and perforated wood as artificial insect nests they called Domiciles. The crumpled paper was

prepared either by rolling it in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm, which would be sufficient for 600 nests, or by cutting it into flat pieces that were placed on top of each other and separated each one, and when using paper tubes (drinking straws) they were dipping it in a thin layer of wax at the bottom of a tin can, then placed on the carton and protected from heat and rain with covers made of wood or glass straw, the diameter of the used tubes were 4,5,6 mm and a length of about 9 cm. (Bohart et al., 1964; Hobbs, 1956) produced semi-circular tunnels made of wood, these semi-circular grooves can be glued together to form a complete circular tunnel, where incomplete phases can be removed and stored.

(Hobbs, 1967) made improvements to these nesting material using Polysterene, instead of wood and reduced its weight to one-tenth. (Stephen & Every, 1970; Stephen & Osgood, 1965) mentioned that the media were prepared to provide nesting tunnels for females with inside diameters ranging from 4.0 to 6.0 mm and lengths ranging from 1.25 to 15.0 cm, and were made of paper soda straws, wood, blown poly-urethane, stacked Masonite, and acoustical tile. Because of commercial limitations of materials, no single medium was provided in which tunnels of all the diameters and lengths were represented.

(Nardone, 2013), used trap nest (144 trap nests in total) to study bees' diversity of Algonquin Provincial Park in Ontario, Canada. Traps consisted of a two-liter milk and 36 cardboard tubes, acting as cavities, placed through holes drilled into the polystyrene. The tubes were 15cm long, and there were nine each of four different diameters (3, 5, 7, and 9mm). Trap nests were covered in burlap for camouflage and tied to trees with clear fishing line at the edge of the plots, facing the center of the plot, at about 1-1.5m from the ground.

Several studies have been conducted in which nest traps have been used for many years to

study the population of Hymenoptera, and to monitor their diversity and abundance (Steffan-Dewenter et al., 2002; Steffan-Dewenter, 2003). However, this study is considered the first of its kind in which nest traps were used in Libya by providing artificial cavities, including paper and plastic drinking straws.

This study aims at a general survey of bees species utilizing cavity nesting, and determine whether leaf-cutter bees are included in them, and study the effect of the diameter and material of which the tubes were made.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted at the Research and Experimental Stations at the Faculty of Agriculture - University of Tripoli, using nesting traps. These traps were designed according to the method developed by (Sheffield et al., 2008), and according to the method of (Taki et al., 2008) to collect Hymenoptera.

The traps consisted of a one liter milk carton (measurement 7cm x 7cm for the base and 22cm length) (Fig.1a), a piece of Styrofoam measuring 49cm² and 2.5cm thick (Fig, 1b), this piece fits with the open top end of the milk carton. The drinking straws (tubes) were 20 cm long, the diameter paper drinking straws (tubes) were (5, 8 and 10 mm) while the plastic drinking straws (tube) were (5mm) in diameter (Fig, 1c). For each milk carton, twelve paper and four plastic drinking straws (tubes), were placed through holes made in the piece of Styrofoam.

The purpose of the polystyrene is to provide spacing between the tubes, a lack of which could be a deterrent for some cavity-nesting bee species (Bosch & Kemp, 2001). Twenty five nests were used in this study. These traps were set up at the Crop Research Station near the field of alfalfa crop and were mounted on trees one meter above the ground with clear fishing line, and laid in April 2018, they were monitored twice a month and collected in March 2019. Tubes that were occupied by

insects were collected and stored within a piece of clear piping (1.5 cm in diameter) for incubation, and the ends blocked off with fine aluminum mesh to allow air to enter in, these aluminum mesh prevent emerged insects from escaping, the incubated nests were checked every couple days for emerged insects.

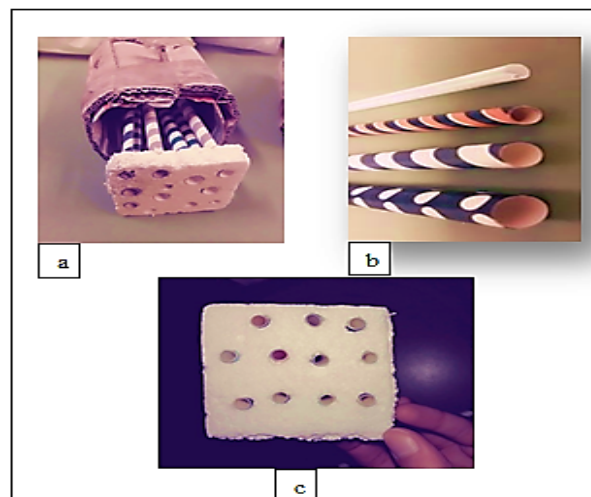


Figure (1). Traps design,

- a) The traps consisted of a one liter milk carton,
- b) a piece of Styrofoam and
- c) The drinking straws (tubes).

RESULTS

Nesting Diameter: The drinking straws (tubes) used in this study were 20 cm long, and (5, 8 and 10 mm) in diameter for paper drinking straws (tubes) and (5mm) in diameter for plastic drinking straws (tube). The results of this study showed that not all nests were exploited, the percentage of occupied nests (nests were occupied by insects), as follows: 60% of the nests made of paper straws of a diameter of 5 mm, and 5% with a diameter of 8 mm, while those with a diameter of 10 mm were not exploited (zero), however the nests made of plastic (5 mm), were only 5% were exploited (Fig, 2).

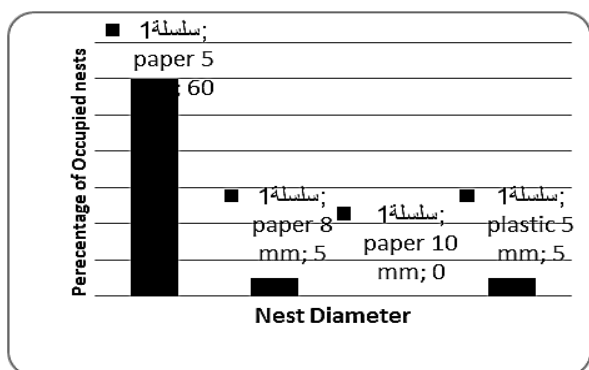


Figure (2). The percentage of occupied nests with different material and diameters, (5, 8 and 10 mm) in diameter for paper drinking straws (tubes) and (5mm) in diameter for plastic drinking straws (tube).

Bees' Identification: The rustles of this study revealed that these nests were exploited by one species of bee and identified as the alfalfa leaf-cutter bee which follows (Megachilerotundata, F: Megachilidae - Hymenoptera). These rustles agreed with previous studies, which showed that such nests are of limited diversity and usually only gather one or two species (Sheffield et al., 2011; Widhiono et al., 2017).

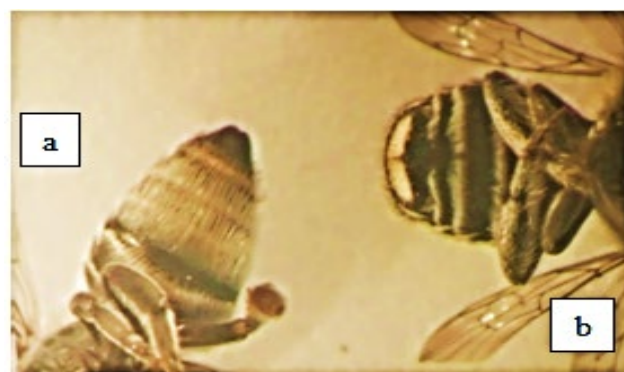
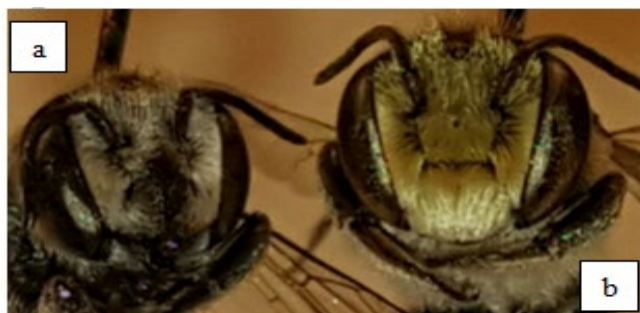
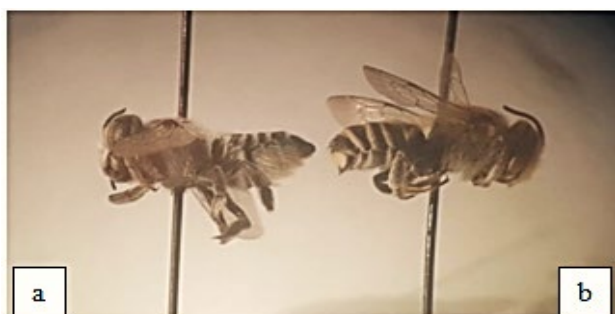


Figure (5). Ventral view of alfalfa leaf-cutting bees, a) female and b) male.

Life cycle: Under natural conditions, adult insects appear after 3:6 weeks after the alfalfa flower, usually from May to July, depending on the region. Females are fertilized while they are warmed by the sun, often near the mother's nest. The male can fertilize several times, but females fertilize only once. As for the fertilized female, she makes a series of cells in the tunnels or tubes that she chooses for the nest. This insect makes the walls and base of the cells from the leaves that the female cut, often from alfalfa leaves, where she sticks them together by salivary secretion.

The insect fills each cell from half to two-thirds with a mixture of honey and pollen. When the female returns from foraging, she enters her head into the tunnel first, then puts the nectar she collected, then goes to the entrance of the tunnel, wraps around it, and enters the tunnel with her back, where she puts the pollen load. When a sufficient amount of food is collected in the cell, she lays one egg on top of it and covers the cell after kneading it with 3:10 circular pieces of leaves. After rubbing it, it begins in another cell above it, and the chain of cells ends slightly below the entrance to the tunnel, as the end of the tunnel is closed with about 130 pieces of leaves. After that, it begins to build another series of cells in another tube, if the nectar and pollen grains are still available in the field. The bee that grows from the last egg placed in the tunnel is the first to exit, while the first egg that was placed at the base of the tunnel is the last

to exit as a whole insect. This female produces approximately 35:30 eggs and lives for about two months, during which she lays 30-40 eggs. Approximately, two insects out of every three adults that emerge from the eyes are males, meaning that the sexual ratio is 2 males: 1 females.

The egg hatches within 2:3 days, where the caterpillar feeds on the lunch stored in the eye, and the growth of the caterpillar is completed after about two weeks. As some individuals continue to grow and develop and emerge as full insects, about 23:25 days after laying eggs. As for some other individuals, they remain without development, as they remain in the form of an incomplete phase until the following year, and then they complete their growth and development and emerge as a complete insect.

Males emerge about 5 days before females. And when the females come out, they are fertilized immediately. Leaf-cutter bees can be handled safely, as in the case of the alkaline bee, since although the female has a stinger, she rarely stings. Even when used as a stinger, it causes only slight pain (Hobbs, 1967; Rios-Velasco et al., 2014) showed that the adult Megachilid does not leave if the temperature is below 21°C. It was found that these insects can remain motionless inside their tunnels for 48 hours at a temperature of 2:4 degrees Celsius.

Gender Emergence: The study results found that the emergence of occupied nests started 15 days after bringing the nest from the field to the laboratory, where the males began to emerge during the first two days, while the females came out after all males exited in one tube, i.e. over the next five days. Some nests were fully occupied by 12 cells and all cells were normal and all adults emerged alive, while other nests had some dead larvae or pupae stage, whereas, some nests were half occupied or three of fourth occupied (Fig.5).

Nest Dimensions and Sex Ratio: The sex ratio, males to females, obtained from this study was 2♂:1♀ in the paper drinking straw with 8 mm of diameter, while the sex ratio with diameters of 5 mm was 1♂:1♀ whether the tube used was paper or plastic (Fig, 6).

pieces of cutting leaves were used to built each larva cell.



Although 5% of paper drinking straws with a diameter of 8 mm were exploited as the percentage of 5 mm of plastic drinking straws, however, there were difference found between the leaves cuts to make larvae cells, were females used paper drinking straws of 8 mm cut more leaves (32-36 piece) than the one used 5mm (24-26 piece) (Fig, 7). Despite the fact that females that cut more leaves to built their larvae cells visiting more plants, they don't invest their time and don't pollinate more flowers.



Figure (7). Leaves pieces of leaf-cutter bees' cells.

DISCUSSION

Nesting Diameter: The results of this study showed that the percentage of occupied nests (nests were nested inside), as follows: 60% of the nests made of cardboard were with a diameter of 5 mm, and 5% with a diameter of 8 mm, while those with a diameter of 10 mm were not exploited (zero), as for the nests made of plastic (5 mm), only 5% were exploited. It was also found that the old tunnels are more attractive to bees than the new tunnels, as the old ones still have the smell of the insects that used to occupy them.

The death of larvae that occurs in tunnels with a diameter of 4 mm were four times more than what occurred in tunnels with a diameter of 5.5 mm, in addition, the number of males that emerge from the tunnels with a diameter of 4 mm are three times as the number of females, but in tunnels with a diameter of that larger (5.5mm), the proportion of males is equal to that of females (Hobbs, 1967).

Bee samples collected from nests are of low diversity because they only collect cavities-nesting bees, although they usually collect species that have not been captured using other sampling methods (Westphal et al., 2008) and thus these traps can give a good estimate of diversity (Tscharntke et al., 1998).

(Nardone, 2013) mentioned that only 20 of 144 nests contained bees, with most of the remaining nests containing wasps. These bees from 5 different species in 3 genera were found within these nests. One possible reason for the low capture of the trap nests is that there may have been an excess of natural cavities in the study sites that bees could use for nesting. Natural cavity use has been suggested in a few other studies as a possible explanation for lower bee abundance and richness collected in trap nests in certain study sites (Giles & Ascher, 2006; Sheffield et al., 2008) and in forested habitats (Buschini, 2006). There were large amounts of deadwood in some sites that could serve this purpose.

(Nardone, 2013) claimed that bees seemed to select different tube diameters for their nests based on genera; all *Hylaeus* bees were found collected in the smallest tube diameter (3mm), all *Osmia* bees in the second smallest (5mm), and both Megachilid nests were in second largest (7mm). All of these species were also collected using other trapping methods, though trap nests collected over 50% of the total individuals of each of these species except for *O. proxima*. In the case of the most abundant species collected, *O. tersula*, trap nests collected over 80% of all individuals.

Gender Emergence: Studies reveal that identifying male and female offspring in the nest is strategic and that cell size plays a large role in the size of the offspring, regardless of the size of the mother (Krombein, 1967). The innermost cells of each series usually contain females and the outermost contain males. Females, which may construct several cell series during their lifetime, repeat this pattern consistently and are therefore believed capable of controlling the sex of each egg deposited. It was observed that mothers lay female eggs in the inner cells and male eggs in the outer cells (Bohart et al., 1960; Hobbs, 1956; Hobbs & Richards, 1976), this is consistent with what was found in the nests that were used in this study, where the males began to emerge during the first two days, followed by females over the next five days.

Exceptions to the general pattern of sex location in each series of cells are not uncommon. It is suggested that consecutive occupation of 1 tunnel by several females or the construction of the series by a single female may account for these deviations (Stephen & Osgood, 1965).

Although great variability in the position of sexes in the cell series has been observed, the innermost cells of each series usually contained females and those nearest the entrance, males. Cell series have ranged from all males to all females; have had females located in the outer cells and males in the inner; or had an

intermixture of sexes within the series. The usual pattern, however, suggests that females are capable of controlling the sex of each egg deposited. This conclusion was confirmed by a study in which several females were tagged and the tunnels that each filled were removed for rearing (Stephen & Undurraga, 1976).

(Stephen & Every, 1970; Stephen & Osgood, 1965) during their work for 4 years found that several nests have been reared containing all females, while other nests represent uncommon occurrences in the location of sexes within each series, some have females in the last-formed or top cell while other nests illustrate an admixture.

Nesting Diameter and Sex Ratio.: With regard to sex ratios, larger cell provisions correlate with increased female offspring production. There are two explanations for these behaviours in terms of nutritional maternal behaviours: 1) the mother brings more food to the inner cells because she expects to produce female offspring there and 2) the mother chooses to fertilize the egg, thus enhancing production (Stephen & Osgood, 1965).

The high male to female ratio has been attributed to the diameter of the nesting tunnel, length of the tunnel, and the type of medium in which the nest is formed. It has been assumed that a 1:1♀ sex ratio is dominant among solitary bees, but apart from the few records about completed nesting tunnels in *Megachile*, there is no published information available on this subject (Stephen & Osgood, 1965).

In the leaf-cutter bee *Megachile rotundata* (F), sex ratios of 3♂:1♀ and 2♂:1♀ can be consistently obtained from media with nesting-tunnel diameters of 5.5 and 6.0 mm, respectively. Smaller tunnels with inside diameters of 4.0 mm yielded bees with sex ratios of 5-11♂:1♀. The type of medium of which the tunnels are composed appears to exert little effect on the sex ratio. However, the data suggest that sex ratios of 3♂:1♀ and 2:1♀ can

be obtained consistently from soda straws, wood, or polyurethane with nesting tunnels of 5.5 and 6.0 mm in diameter, respectively (Stephen & Osgood, 1965).

(Bohart, 1972) stated that the sex ratio varies depending on the nest size, height, and nesting material, this ratio is controlled by the mother. These observations were made of females who nest in tunnels, for example, a tunnel diameter of 5.5 mm correlates with a 1♂:1♀ ratio and a tunnel diameter of 6.0 mm correlates with a 2♂:1♀ ratio of male to female, shorter tunnels, those less than 5.0 cm in length, are less convenient.

(Stephen & Osgood, 1965) concluded from their data that the lowest number of females were consistently obtained from the tunnels at their smallest diameters. The sex ratios of the 4.0 mm diameter tunnels ranged from 11♂:1♀ in a 7.5 cm straw to 5♂:1♀ in a 15.0 cm straw. The sex ratios of 6♂:1♀ were recorded of 4 mm tunnels in wood, 7♂:1♀ from acoustical tile, and 9♂:1 in polyurethane.

This study indicated that the ratio of males to females in the paper drinking straws with 8mm of diameter was 2♂:1♀, while the ratio of males to females in pipes with diameters of 5 mm was 1♂:1♀ whether the tube used was paper or plastic drinking straws, these results partially agreed with (Stephen & Osgood, 1965) as their data suggested that sex ratios of 3♂:1♀ and 2♂:1♀ can be obtained consistently from soda straws, wood, or polyurethane with nesting tunnels of 5.5 and 6.0 mm. These results also consistent with the statement of (Bohart, 1972), as these statements agreed with you that the sex ratio is 1♂:1♀ when using a 5 mm diameter tunnel, while when utilizing a 6 mm diameter tunnel the sex ratio was 2♂:1♀.

(Rahimi et al., 2021) reviewed previous studies and mentioned that some of them have dealt with the effects of the length of the tubes used for bee nest (Rebouças et al., 2018), while others have discussed the effects

of tube diameter in the efficiency of bee nest in attracting bees. (Westerfelt et al., 2015) claimed that nest diameter was the most important factor explaining the occupation of a certain aculeate species. Some studies found that *Megachilezaptlana* occupy tubes with a 6-mm diameter (dos Santos et al., 2020), while *Megachileconcinna* prefer 6 mm and 5 mm diameter with 88.2 % compared with only 11.8% for 4 mm (Alvarez et al., 2012).

Nesting Material: The material of the tubes also affects the efficiency of bee nests in attracting bees, where different materials were used to provide nests for bees, (Bohart, 1962; Stephen, 1961) However, they found that the bees prefer wooden nests over nests made of paper tubes or wrinkled paper, as the latter does not have the ability to resist the weather, there is also great difficulty in dealing with and storing these artificial nests. (Bohart et al., 1964; Hobbs, 1956) produced semi-circular tunnels made of wood, these semi-circular grooves can be glued together to form a complete circular tunnel, where incomplete phases can be removed and stored. Although in an area where moisture condensation in the holes is a serious problem, (Hobbs, 1964), maintained them and claimed that he could minimize mold in grooved polystyrene by using wide diameter holes, by preventing the bees from nesting in "clusters," and by sterilizing the polystyrene after removing the cells. He controlled mold in cold storage by letting the leaf cells dry out before storing them in tight containers.

(Hobbs, 1967) made improvements to these nesting material using Polystyrene, instead of wood and reduced its weight to one-tenth. The advantage of this, bees paper cells can be removed more easily than in the case of wooden tunnels, however, they can be spoil easily, and bees can chew them.

(Stephen & Osgood, 1965) compared the effect of paper soda straws, polyurethane, and wood of the same diameter and length on sex ratios of the bees and found that there is no correlation between the nesting medium and

sex ratio, while (Johansen et al., 1969), stated that weathered wood was more attractive than fresh and that Douglas fir was usually more attractive than pine, and mentioned that the problem of poor ventilation, common to all plastic materials.

Moreover, (Bohart, 1972) indicated that each material has its advantages and disadvantages, however, drilled boards are used most commonly, Plastic blocks with holes, items are adapted for cell removal (drilled boards with removable backs, grooved wood, grooved polystyrene), paper and plastic straws and corrugated paper. Of the many kinds of nesting materials tried, those listed above are still used to some extent.

(Johansen et al., 1969; Stephen & Every, 1970) emphasized the advantage of wider diameter holes in laminated boards and grooved units for removal of cells without crushing the larvae. The latter authors also stated that the larger bees that emerge from wider holes are superior, but they did not present data to support this contention. (Bohart, 1972) claimed that when bees re-nest in these wider holes, the offspring are smaller than average because the bees fail to clean out much of the old leaf material. Consequently, the larger holes would yield larger bees only when the cells are removed each year.

A study revealed that *Osmia rufa* occupied all tubes made of straw and printer sheeting but in plastic straws, the occupation rate was 80% (Wilkaniec & Giejdasz, 2003), in addition, cardboard tubes could reduce the infestation rate of mites (Fernandes et al., 2020). Moreover, (McCallum et al., 2018) found that nest occupation was significantly affected by nest design, with more bees nesting in tubes of milk cartons (71%) than wooden nests, while (Gaston et al., 2005; Guimaraes-Brasil et al., 2020) claimed that there was a nesting preference for bamboo as nest materials.

Time Investment: The flight of the ferrets takes a relatively short time, as it takes from

20:10 seconds to collect the cut leaves and 150:90 seconds to collect the pollen load, while we find that the female pollinates every flower she visits in the flight, the males do not leave constantly, but collect nectar only and often Without pollinating the flower you visit. During warm periods in the spring, pre-pupae turn into pupae.

(Stephen & Osgood, 1965) claimed that bees reared in large-diameter straws are 2 to 4 times the size of those reared from small tunnels, collect more pollen per foraging trip, and provide each cell with a greater quantity of provisions. These statements disagree with the results of this study, where these results found no difference between bees size emerged from straws of 5 or 8mm. However the difference where found between the leaves cuts to make larvae cells, where the female used straws of 8 mm cut more leaves (32-36 piece) than the one used 5mm (24-26 piece), while it correspond with *M. rotundata*, like *M. relativa*, which provide more leaf layers to a cell cup when the cell is constructed in larger-diameter tunnels (Kim, 1992).

It can be calculated from the number of flowers per acre benefiting from pollination because bees visit alfalfa flowers at rates ranging from 11 to 15 per minute. 10,000 female nests would be required, according to (Bohart, 1962; Stephen, 1962) calculation, to pollinate a 5-acre (2 ha) crop of alfalfa. According to (Klostermeyer, 1964), 500 pounds of clean alfalfa beds require at least 2,000 females per acre. While (Hobbs, 1967) demonstrated that 40,000 females would be needed to complete the pollination process on one acre of alfalfa in just three weeks. Regarding the researchers' other findings, they fall between the two limits (2000: 40000 females / acre). Theoretically, the number of generations can multiply ten times if tunnels are available for nesting. (Bohart, 1962) mentioned that the number of bees increased by five times from year to year if good conditions were available.

CONCLUSION

Through this research, we recommend reusing the nests made of paper tubes with a diameter of 5 mm to collect the largest number of alfalfa leaf-cutter bees and try to manage and benefit from them to pollinate the alfalfa crop to increase seed productivity.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my special thanks to Maha Ben Noseer and Aisha Albelazi for their time and help, you were really helpful to me during the study completion. In this aspect, I am grateful to you.

Duality of interest: The authors declare that they have no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: This manuscript was done by only one author.

Funding: This work was supported by Research and Experimental Stations at the Faculty of Agriculture - University of Tripoli.

REFERENCES

- Alvarez, L. J., Lucia, M., Durante, S., Pisonero, J., & Abrahamovich, A. H. (2012). Occurrence of the exotic leafcutter bee *Megachile* (*Eutricharaea*) *concinna* (Hymenoptera: Megachilidae) in southern South America. An accidental introduction? *Journal of Apicultural Research*, 51(3), 221-226. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.3.01>
- Bohart, G. E. (1962). How to manage the alfalfa leaf-cutting bee (*Megachile rotundata* Fabr.) for alfalfa pollination. *Utah Agricultural Experiment Station Circular*, 144.
- Bohart, G. E. (1972). Management of wild bees for the pollination of crops.

- Annual Review of Entomology*, 17(1), 287-312.
- Bohart, G. E., Nye, W. P., & Knowlton, G. (1964). Nesting Shelters for Alfalfa Pollinators (Alfalfa Leaf-cutting Bee, *Megachile rotundata* F.). *Agricultural Research*, 13(2), 8.
- Bohart, G. E., Stephen, W., & Eppley, R. (1960). The biology of *Heterostylum robustum* (Diptera: Bombyliidae), a parasite of the alkali bee. *Annals of the Entomological Society of America*, 53(3), 425-435.
- Bosch, J., & Kemp, W. P. (2001). How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator.
- Buschini, M. L. T. (2006). Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie*, 37(1), 58-66.
- Cane, J. H., Griswold, T., & Parker, F. D. (2007). Substrates and materials used for nesting by North American *Osmia* bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100(3), 350-358.
- Danks, H. (1971). Populations and nesting-sites of some aculeate Hymenoptera nesting in *Rubus*. *The Journal of Animal Ecology*, 63-77.
- dos Santos, A. A., Parizotto, D., Schlindwein, C., & Martins, C. F. (2020). Nesting biology and flower preferences of *Megachile* (*Sayapis*) *zaptlana*. *Journal of Apicultural Research*, 59(4), 609-625.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1703084>
- Fernandes, J., Antunes, P., Santos, R., Zulian, G., Clemente, P., & Ferraz, D. (2020). Coupling spatial pollination supply models with local demand mapping to support collaborative management of ecosystem services. *Ecosystems and People*, 16(1), 212-229.
<https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1800821>
- Frankie, G. W., Thorp, R. W., Newstrom-Lloyd, L. E., Rizzardi, M. A., Barthell, J. F., Griswold, T. L., Kim, J.-Y., & Kappagoda, S. (1998). Monitoring solitary bees in modified wildland habitats: implications for bee ecology and conservation. *Environmental Entomology*, 27(5), 1137-1148.
- Free, J. (1993). Insect pollination of crops 2nd ed Academic Press. San Diego, California.
- Gaston, K. J., Smith, R. M., Thompson, K., & Warren, P. H. (2005). Urban domestic gardens (II): experimental tests of methods for increasing biodiversity. *Biodiversity & Conservation*, 14, 395-413.
<https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1800821>
- Giles, V., & Ascher, J. S. (2006). A survey of the bees of the Black Rock Forest preserve, New York (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of Hymenoptera research*, 15(2), 208-231.
- Godfrey, S., & Hilton, D. (1983). Nesting biology of solitary wasps and bees in the eastern townships region, Quebec. *Canadian field-naturalist*.
- Guimaraes-Brasil, M. O., Brasil, D. F., Pacheco-Filho, A. J., Silva, C. I., & Freitas, B. M. (2020). Trap nest preference of solitary bees in

- fragments of the Baturité massif, Atlantic Forest, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 92, 85(1), 85-90. <https://doi.org/10.1093/aesa/85.1.85>
- Hobbs, G. (1956). Ecology of the Leaf-cutter Bee *Megachile perihirta* Ckll.(Hymenoptera: Megachilidae) in Relation to Production of Alfalfa Seed1. *The Canadian Entomologist*, 88(11), 625-631.
- Hobbs, G. (1967). Domestication of alfalfa leaf-cutter bees. Ottawa, Ontario: Canadian Department of Agriculture. Publication. 1313.
- Hobbs, G., & Richards, K. (1976). Selection for a univoltine strain of *Megachile (Eutricharaea) pacifica* (Hymenoptera: Megachilidae). *The Canadian Entomologist*, 108(2), 165-167.
- Hobbs, G. A. (1964). Importing and managing the alfalfa leaf-cutter bee. *Publs Dep. Agric. Can.*
- Johansen, C., Klostermeyer, E., Eves, J., & Gerber, H. (1969). Suggestions for alfalfa leaf-cutter bee management. *Washington State University, Agricultural Extension Service EM*, 2775.
- Kevan, P. (1991). Pollination: keystone process in sustainable global productivity. *Acta Horticulturae*(288), 103-110.
- Kevan, P. G. (1983). Floral colors through the insect eye: what they are and what they mean. *Handbook of experimental pollination biology*, 3-30.
- Kim, J.-Y. (1992). Nest dimensions of two leaf-cutter bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 85(1), 85-90. <https://doi.org/10.1093/aesa/85.1.85>
- Klostermeyer, E. C. (1964). Using alkali bees and leafcutting bees to pollinate alfalfa. *Using alkali bees and leafcutting bees to pollinate alfalfa*.
- Krombein, K. V. (1967). Trap-nesting wasps and bees. *Life histories, nests and associates*. Washington, DC Smithsonian Inst. Press, 570p.
- McCallum, R. S., McLean, N. L., & Cutler, G. C. (2018). An assessment of artificial nests for cavity-nesting bees (Hymenoptera: Megachilidae) in lowbush blueberry (Ericaceae). *The Canadian Entomologist*, 150(6), 802-812.
- Nardone, E. (2013). *The bees of Algonquin Park: a study of their distribution, their community guild structure, and the use of various sampling techniques in logged and unlogged hardwood stands* University of Guelph].
- Potts, S. G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2005). Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*, 30(1), 78-85.
- Rahimi, E., Barghjelveh, S., & Dong, P. (2021). Quantifying how urban landscape heterogeneity affects land surface temperature at multiple scales. *Journal of Ecology and Environment*, 45(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s41610-021-00192-z>.
- Rebouças, P. O., Aguiar, C., Ferreira, V., Sodré, G., Carvalho, C., & Gimenes, M. (2018). The cavity-nesting bee guild (Apoidea) in a Neotropical

- sandy coastal plain. *Sociobiology*, 65(4), 706-713.
- Rios-Velasco, C., Berlanga-Reyes, D. I., Ayala-Barajas, R., Salas-Marina, M. Á., Ibarra-Rendón, J. E., Flores, P. B. Z., Romo-Chacón, A., & Acosta-Muñiz, C. H. (2014). Identification of megachilid species (Hymenoptera: Megachilidae) and other pollinators in apple orchards in Chihuahua, México. *Florida Entomologist*, 97(4), 1829-1834.
- Sheffield, C. S., Kevan, P. G., Westby, S. M., & Smith, R. F. (2008). Diversity of cavity-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) within apple orchards and wild habitats in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *The Canadian Entomologist*, 140(2), 235-249.
- Sheffield, C. S., Ratti, C., Packer, L., & Griswold, T. (2011). Leafcutter and mason bees of the genus *Megachile* Latreille (Hymenoptera: Megachilidae) in Canada and Alaska. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 18, 1-107. [https://doi:10.3752/cjai.2011.18](https://doi.org/10.3752/cjai.2011.18)
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tschamntke, T. (2002). Scale - dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, 83(5), 1421-1432.
- Steffan - Dewenter, I. (2003). Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation biology*, 17(4), 1036-1044.
- Stephen, W., & Every, R. (1970). Nesting media for the propagation of leaf cutter bees. Oregon State University. Cooperative Extension. *Servo Fact Sheet* 175. 2 pp.
- Stephen, W., & Osgood, C. E. (1965). Influence of tunnel size and nesting medium on sex ratios in a leaf-cutter bee, *Megachile rotundata*. *Journal of Economic Entomology*, 58(5), 965-968.
- Stephen, W., & Undurraga, J. (1976). X-radiography, an analytical tool in population studies of the leafcutter bee *Megachile pacifica*. *Journal of Apicultural Research*, 15(2), 81-87.
- Stephen, W. P. (1961). Artificial nesting sites for the propagation of the leaf-cutter bee, *Megachile* (*Eutricharaea*) *rotundata*, for alfalfa pollination. *Journal of Economic Entomology*, 54(5), 989-993.
- Stephen, W. P. (1962). Propagation of the leaf-cutter bee for alfalfa seed production. *Agricultural Experimental Station. Bulletin* 586:1-16
- Taki, H., Viana, B. F., Kevan, P. G., Silva, F. O., & Buck, M. (2008). Does forest loss affect the communities of trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in forests? Landscape vs. local habitat conditions. *Journal of Insect Conservation*, 12, 15-21.
- Thorp, R. W. (2003). Bumble bees (Hymenoptera: Apidae): commercial use and environmental concerns. In *In K. Strickler and J. H. Cane. Editors. For nonnative crops, whence pollinators of the future?* (Proceedings of Thomas Say Publications in Entomology; Lanham, Maryland, Entomological Society of America
- Tschamntke, T., Gathmann, A., & Steffan - Dewenter, I. (1998). Bioindication using trap - nesting bees and wasps

and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of applied ecology*, 35(5), 708-719.

Westerfelt, P., Widenfalk, O., Lindelöw, Å., Gustafsson, L., & Weslien, J. (2015). Nesting of solitary wasps and bees in natural and artificial holes in dead wood in young boreal forest stands. *Insect Conservation and Diversity*, 8(6), 493-504.

Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S. G., Roberts, S. P., Szentgyörgyi, H., & Tscheulin, T. (2008). Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological monographs*, 78(4), 653-671.

Widhiono, I., Sudiana, E., & Darsono, D. (2017). Diversity of wild bees along elevational gradient in an agricultural area in central Java, Indonesia. *Psyche*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2968414>

Wilkaniec, Z., & Giejdasz, K. (2003). Suitability of nesting substrates for the cavity-nesting bee *Osmia rufa*. *Journal of Apicultural Research*, 42(3), 29-31. <https://doi.org/10.1080/00218839.2003.11101084>.



Hybrid Dual Quadrature Rules Combining Open and Closed Quadrature Rules Enhanced by Kronrod Extension or Richardson's Extrapolation for Numerical Integration

Haniyah A. M. Saed Ben Hamdin ^{1*} and Faoziya S. M. Musbah²

¹Mathematics Department, Faculty of Science, Sirte University, Sirte, Libya.

²Mathematics Department, Faculty of Education, University of Bani Waleed, Bani Waleed, Libya.

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 26 April 2023</p> <p>Accepted: 28 June 2023</p> <p>Keywords: Gaussian Quadrature, Boole's Rule, Kronrod Extension, Richardson Extrapolation, Hybrid Quadrature Rule, Derivative-Based Open & Closed Newton-Cotes Quadrature Formulae, Mixed Quadrature Rule, Numerical Quadrature.</p>	<p>Abstract: Numerical integration is a powerful way to integrate certain categories of integrals, such as those whose closed-form anti-derivative is missing, improper integrals, and tabular data where a function is absent. In this paper, open and closed dual hybrid quadrature rules have been designed for the numerical integration of real definite integrals with either a singular integrand or a non-elementary anti-derivative, respectively. Such quadrature rules couple a Gauss-type rule with a Newton-Cotes-type rule such that both rules are of the same degree of precision, say p to achieve a hybrid rule of a degree of precision greater than or equal to $p+2$. The open/closed-type hybrid quadrature rule has been constructed as a linear combination between the two-point Gauss-Legendre quadrature enhanced by Kronrod extension and a derivative-based open/closed Newton-Cotes formula yielding a hybrid rule of degree of precision equal to nine. Furthermore, a hybrid quadrature rule was created by merging the numerically enhanced Lobatto-Gauss rule and Boole's rule which was enhanced by Richardson extrapolation. An error analysis analytically confirms that the proposed rules perform better than their ingredients' quadrature rules. The effectiveness of the suggested hybrid rules has been demonstrated with some integral examples that exhibit good agreement with the precise outcomes. An adaptive algorithm has been implemented to enhance the accuracy of the results obtained.</p>
--	---

قواعد التربيع المزدوجة والهجينة للتكامل العددي التي تجمع بين قواعد التربيع المفتوحة والمغلقة المحسنة إما بامتداد كرونرود أو الاستكمال الخارجي لريتشاردسون.

<p>الكلمات المفتاحية: تربيع جاوس، قاعدة بولز، امتداد كرونرود، الاستكمال الخارجي لريتشاردسون، صيغ نيوتن كوتس القائمة على المشتقات، تربيع جاوس المختلطة، التربيع العددية.</p>	<p>المستخلص: التكامل العددي هو أسلوب فعال للتكامل التقريبي لفتة معينة من التكاملات كالتكاملات المعتلة أو تلك التي لا يمكن التعبير عن تكاملها في صورة مغلقة أو بدلالة دوال بسيطة. في هذا البحث تم صياغة بعض قواعد التربيع المزدوجة من النوع المفتوح والمغلق التي تهجن بين قاعدة تربيعية من نوع جاوس مع أخرى من نوع نيوتن-كوتس بشرط أن يكون كلاهما بنفس درجة الدقة p. عليه تم تكوين قواعد تربيع هجينة مفتوحة ومغلقة كتركيبية خطية بين تربيع جاوس-لجنر ذو النقطتين المحسن بامتداد كرونرود وصيغة نيوتن-كوتس المفتوحة/المغلقة القائمة على المشتقات مما ينتج عنه قواعد هجينة ذات دقة من الدرجة التاسعة. أيضاً تم صياغة قاعدة تربيعية هجينة أخرى من النوع المغلق من خلال مزج قاعدة لوباتو-جاوس المحسنة عددياً مع قاعدة بولز المحسنة بالاستكمال الخارجي لريتشاردسون. التحليل الرياضي للخطأ يؤكد أن الطرق الهجينة التي تم توليدها تمتلك دقة أكبر من أو تساوي $p + 2$. تم تقديم مجموعة متنوعة من الأمثلة المختلفة للتحقق من كفاءة القواعد الهجينة المقترحة والتي تظهر توافقاً مرضي جداً مع النتائج المضبوطة. أيضاً تم تنفيذ خوارزمية تربيعية ملائمة لتحسين دقة النتائج التي تم الحصول عليها.</p>
---	---

INTRODUCTION

Numerical integration is a widespread

technique to integrate specific categories of integrals with some restrictions, such as integrals that do not possess a closed form,

*Corresponding author: Haniyah A. M. Saed Ben Hamdin : h.saed1717@su.edu.ly, Mathematics Department, Faculty of Science, Sirte University, Sirte, Libya.

elementary anti-derivatives, or improper integrals. One of the very popular tools for numerical integration is the quadrature rules, either Gauss-type or Newton-Cotes-type (Atkinson, 2012; Davis and Rabinowitz, 2012; Burden and Faires, 2005). Quadrature rules are commonly implemented in a variety of applications in physics, engineering, and quantum mechanics. Such quadrature rules are very convenient for computing the anti-derivative of tabular data, which may be encountered in some applications from experiments or measurements where the function is absent. Gauss-type and Newton-Cotes-type quadrature rules are both open, closed, and semi-open types; this should increase their reliability in adopting a variety of integrals with certain constraints. Numerical integration can efficiently integrate improper integrals of different types. Improper integrals over the infinite intervals $(0, \infty)$ or $(-\infty, \infty)$ can be efficiently integrated by Gauss-Laguerre or Gauss-Hermite, respectively (Das and Dash, 2017). Furthermore, such improper integrals can be transformed by a suitable transformation yielding finite limits of integration, then recall a convenient rule for the finite intervals. Gaussian quadrature rules are widely used for integral oscillatory or singular integrands that are encountered in many applications, as evidenced by (Milovanovic, 1998). A comparison between Newton-Cotes quadrature rules and Gaussian quadrature rules is presented in (Serlutlu, 2005) in terms of accuracy, computational effort, and number of integrand evaluations. He claimed that by using low and high-order rules, the quadrature rules of Gauss-Type are superior to the standard Newton-Cotes-Type rules.

The degree of precision of quadrature rules can be improved either by increasing the number of nodes n or decreasing the step size h . However, this may adversely affect the stability of the numerical rule due to the undesirable appearance of negative weights which leads to an ill-conditioned numerical process. Thus, one could resort to the adaptive

scheme either globally (on the whole interval of integration) if needed or locally along some sub-regions where the integrand has sharp variation. The mechanism of the adaptive technique is to densely evaluate the integrand in certain sub-intervals where the function experiences large variation to capture the behavior of the integrand in such regions until the termination criterion is met (Dash and Das, 2013a; Dash and Das, 2013b; Dash and Das, 2012). A new set of closed, Mid-point, and open Newton-Cotes quadrature rules were proposed by Burg et. al. (Burg, 2012; Burg, 2013; Zafar, 2014). Such new derivative-based Newton-Cotes formulae require the evaluations of the integrand and its derivative at less abscissa compared to the classical Newton-Cotes rules. They claim that the new scheme of Newton-Cotes formulae yields much better performance compared with the standard Newton-Cotes formulae in terms of accuracy, computational effort, arithmetic operations of the integrand, degree of precision, error terms, and their coefficients.

The degree of precision of n -point the Gaussian rule is $(2n - 1)$, that is this rule should exactly integrate any polynomials of a degree less than or equal to $(2n - 1)$. The n -point Newton-Cotes quadrature rules are of the degree of precision $(n - 1)$ if n is even, and of the degree of precision n if n is odd. Recently, a numerical enhancement was proposed by (Babolian et al., 2005; Masjed et. al., 2005) to increase the accuracy by two for the Gauss-Legendre and Gauss-Radau quadrature rules. Furthermore, a numerical enhancement of the Gauss-Lobatto quadrature rule was proposed by (Eslahchi et. al., 2005), and they claim that they obtained better approximate results than those obtained by the corresponding standard Gauss-Lobatto quadrature rule. Moreover, such a technique has been adopted for the open, closed, and semi-open Newton-Cotes formulae, respectively (Dehghan et. al., 2006; Dehghan et. al., 2005a; Dehghan et. al., 2005b).

It is worth emphasizing that those Gaussian quadrature rules are stable because all the weights are positive. Gauss-Legendre, Hermite, and Lagurre quadrature rules are of open type, whereas Gauss-Lobatto and right/left Gauss-Radaua are respectively of closed and semi-open/closed type. A drawback of Gauss-type rules is that they are not progressive, that is, Gaussian rules of differentiation, and have no nodes in common except at the midpoint. To overcome the non-progressive issue related to Gaussian quadrature rules, Kronrod (Kronrod, 1965 a; Kronrod, 1965 b; Walter, 1988) established his extension to the Gauss-Legendre and Lobatto quadrature rules, both of which have a weight function ($w(x) = 1$). The Kronrod extension optimally adds $(n + 1)$ abscissas to the n -point Gaussian, yielding a more accurate $(2n + 1)$ -point Kronrod–Legendre Gauss pair quadrature rule. In contrast, for other Gaussian quadrature rules, such as Hermite-Gauss and Lagurre-Gauss, there is no real Kronrod extension (Kahaner, 1978), but sub-optimal Kronrod extensions can be gained with a degree of precision less than $(3n + 1)$ (Begumisa and Robinson, 1991). Additionally, Patterson (Patterson, 1968 a; Patterson, 1968 b) enlarged the idea of Kronrod extension by adding $(2n + 2)$ points to the $(2n + 1)$ -point Kronrod–Gauss pair to achieve a progressive rule of $(6n + 4)$ as a degree of precision.

The accuracy of the numerical quadrature rules can be enhanced by adopting some reliable approaches such as Richardson’s extrapolation (Burden and Faires 2005) and the Kronrod extension which respectively rely on the trapezoidal rule and quadrature rule as a fundamental rule. Richardson extrapolation (Zlatev et. al., 2018) is a powerful technique to enhance the accuracy of approximation numerical tools that deal with a parameter say the step size h such as numerical integration, numerical differentiation, numerical methods for solving ordinary and partial differential equations such as Runge-Kutta and finite

difference methods respectively. The advantage of implementing the Richardson extrapolation to quadrature rule is to gain a higher accuracy relying on low-order rules and can be efficiently incorporated into Gauss-Type (Mohanty, 2020; Jena and Dash, 2011) and Newton-Cotes-Type quadrature rules (Jena and Dash, 2011).

Furthermore, a simple approach was first proposed by (Das and Pradhan, 1996) combining a pair of quadrature rules of the same degree of precision, say p , producing a mixed quadrature rule of better accuracy, usually $(p + 2)$. They combine the 3-point Gauss-Legendre with Simpson’s $1/3$ quadrature rule. It is worth emphasizing that, the formula of the mixed quadrature rule does not involve any extra sampling of the integrand, it only linearly couples the ingredient rules to gain better accuracy. Other formulations of mixed rules are found blending different Gauss-type with Newton-Cotes-Type quadrature rules for approximate evaluation of real definite integral and also for analytic functions (Tripathy et. al., 2015; Patra et. al., 2018; Mohanty, 2020). Such mixed quadrature rules have been implemented to solve singular integral equations in electromagnetic field problems (Jena and Nayak, 2015).

In this paper, three dual hybrid quadrature rules have been constructed for the numerical integration of real definite integrals with singular integrands or non-elementary anti-derivatives. Such quadrature hybridizes between a Newton-Cotes-type formula and a Gauss-type formula enhanced either by Kronrod extension or Richardson extrapolation, both of which have the same degree of precision. This paper is structured as follows: The relevant literature review is presented in Section 1. In Section 2, we introduce some basic definitions. In Section 3, the Kronrod extension of the two-point Gauss-Legendre quadrature rule has been constructed. The open and closed type hybrid rule coupling the Gauss-Kronrod quadrature

rule with a derivative-based open and closed type Newton-Cotes rule, respectively, has been formulated in sections 3 and 4. The further closed-type hybrid rule was formulated in Section 5 by combining a numerically enhanced Gauss-Lobatto quadrature rule with Boole's Rule enhanced by Richardson extrapolation. For the sake of verification of the proposed hybrid rules of both types, some numerical results are shown in Section 6, followed by a discussion in Section 7. Finally, a conclusion is drawn in Section 8.

Basic Definitions

Here we introduce some basic definitions that we need throughout the paper.

Definition 1 [1]: An n-point Gaussian-quadrature rule is defined by the formula,

$$I_n(f) = \int_a^b f(x) dx \cong \sum_{i=1}^n w_i f(x_i) + EI_n(f), \quad (1)$$

where the points x_i are the quadrature points and are known as nodes or abscissas, the factors w_i are the corresponding weights, and $EI_n(f)$ is the error of the rule (1). The quadrature rule (1) is based on polynomial interpolation. The mechanism of the Gauss quadrature is based on the precision concept, that is, the quadrature rule is exact for polynomials of degrees less than or equal to $2n - 1$. That is the formula (1) exactly integrates n monomial functions $x^i, i = 0, 1, 2, \dots, n$. Thus we obtain a non-linear system of moment equations that can be solved, yielding the nodes and the corresponding weights.

Definition 2 (Degree of Precision): The degree of precision of the n-point Gaussian-quadrature rule (1) is defined by the degree of the polynomial such that the error $EI_n(P_n) = 0$. Thus the quadrature rule (1) is exact for all polynomials of degree $\leq n$, and the error $EI_n(P_n) \neq 0$ for $i = n + 1, n + 2, \dots$. It is worth emphasizing that for the Newton-Cotes quadrature rules, the equal-distance nodes are known and the weights are

unknowns and need to be determined by solving a Vandermonde system, whereas for the Gaussian quadrature rules, the nodes and the weights are both unknowns.

The two-point Gauss-Legendre quadrature rule is given as,

$$I_{GL2}(f) = h \left[f\left(\mu - \frac{h}{\sqrt{3}}\right) + f\left(\mu + \frac{h}{\sqrt{3}}\right) \right], \quad (2)$$

where $h = \frac{b-a}{2}$ and throughout the paper $\mu = \frac{a+b}{2}$ denotes the mid-point of the reintegration interval.

$$I_{Exact}(f) = \int_a^b f(x) dx = I_{GL2}(f) + E_{GL2}(f), \quad (3)$$

Where $E_{GL2}(f)$ is the truncation error of the two-point Gauss-Legendre quadrature. The error can be derived by polynomials interpolation or by Taylor expansion of the functions involved in $I_{GL2}(f)$ about the mid-point μ of the integration interval to yield,

$$E_{GL2}(f) = I_{Exact}(f) - I_{GL2}(f) = \frac{h^5}{135} f^{(4)}(\mu) + \frac{1016h^7}{675 \times 7!} f^{(6)}(\mu) + \dots$$

The degree of precision of the two-point Gauss-Legendre quadrature rule $I_{GL2}(f)$ is three, that is, it should exactly integrate polynomials of degree up to three.

Definition 3 (Stability of Quadrature Rule): If all weights in the formula (1) are non-negative, then the rule is stable and

$$\lambda = \sum_{i=1}^n |w_i| = b - a,$$

where λ is known as the absolute condition number of the quadrature rule.

Definition 4 (Progressive Quadrature Rule): A quadrature rule is called progressive if the nodes for I_{n_1} are also nodes for the successive rule I_{n_2} where $n_2 > n_1$.

The quadrature rule has this outstanding feature that significantly reduces the computational effort for successive quadrature rules by keeping the arithmetic operations that are involved in integrating the integrands to a minimum. Unfortunately,

Gauss-Type rules are not progressive; that is Gaussian rules of different n have no nodes in common except at the midpoint. To overcome this issue, Kronrod 1965 established his progressive extension to the Gauss-Legendre quadrature as shown next.

Kronrod Extension of Two-Point Gauss-Legendre Quadrature Rule

The Kronrod extension (Walter, 1988) optimally adds $(n + 1)$ abscissas to the n -point Gaussian rule yielding an $(2n + 1)$ -point Kronrod-Legendre Gauss pair quadrature rule of $(3n + 1)$ or $(3n + 2)$ as degree of precision depending on whether n is even or odd respectively. The $(2n + 1)$ -point Kronrod-Legendre-Gauss pair quadrature $I_{2n+1}(f)$ is progressive as it only requires sampling of the integrand at the new $(n + 1)$ points.

Now we show how to enhance the degree of precision of $I_{GL2}(f)$ seeking its Kronrod extension. Such extension can be achieved by adding three new abscissa to the $I_{GL2}(f)$ in equation (2); that is, we have,

$$I_{KGL2}(f) = \sum_{i=1}^5 c_i f(x_i),$$

where, $x_2 = \mu - \frac{h}{\sqrt{3}}$, and $x_4 = \mu + \frac{h}{\sqrt{3}}$.

To force this quadrature rule to exactly integrate polynomials of degree $3n + 1 = 7$, where $n = 2$, we need to consider the monomial functions $f(x) = x^j, j = 0, 1, 2, \dots, 3n + 1$. Thus we have an algebraic non-linear system with eight unknowns $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, x_1, x_3, x_5$, and eight-moment equations, which can be solved to obtain the Kronrod extension of the Gauss-Legendre quadrature rule $I_{KGL2}(f)$ as,

$$I_{KGL2}(f) = \frac{h}{495} \left\{ \begin{aligned} &98 \left[f\left(\mu - \sqrt{\frac{6}{7}}h\right) + f\left(\mu + \sqrt{\frac{6}{7}}h\right) \right] + 308f(\mu) \\ &+ 243 \left[f\left(\mu - \frac{1}{\sqrt{3}}h\right) + f\left(\mu + \frac{1}{\sqrt{3}}h\right) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

This formula can be written as,

$$I_{Exact}(f) = I_{KGL2}(f) + E_{KGL2}(f). \quad (5)$$

where $E_{KGL2}(f)$ is the truncation error of the Kronrod-Gauss quadrature rule and can be computed by Taylor expansions of the functions involved in $I_{KGL2}(f)$ to yield,

$$E_{KGL2}(f) = -\frac{8h^9 f^{(8)}(\mu)}{245 \times 9!} - \frac{5672h^{11} f^{(10)}(\mu)}{7^3 \times 11!} - \dots$$

Thus, the Kronrod extension of the two-point Gauss-Legendre rule considerably enhanced the degree of precision from three to seven, and the local truncation error is of the ninth order. It is worth mentioning that the Gauss-Legendre quadrature rule is of open type because all of its nodes are interior points and usually cluster near the endpoints of the integration interval. Efficient computation of improper integrals with singular integrands can be achieved by this rule, either alone or in conjunction with other open-type Newton-Cotes quadrature formulas, as demonstrated later. As we have just shown, the Gauss-type quadrature rules can be enhanced by their Kronrod extension, whereas the adaptive quadrature rule can be utilized to enhance the approximate results obtained by the Newton-Cotes-type quadrature rules. Next, we briefly give an overview of the adaptive quadrature rule.

Adaptive Algorithm

A mathematical integration technique called adaptive quadrature (Stoer and Bulirsch, 1992; Burden and Faires, 2005) is utilized to approximate the definite integral. Dynamic adjustments are made to the subintervals and the number of evaluation points by adaptive quadrature based on the local behavior of the integrand. This aids in obtaining a more precise approximation, especially in situations where functions change rapidly. The adaptive quadrature algorithm usually consists of the following steps:

Initial setup: Break up the integration interval into multiple subintervals and approximate the integral for each subinterval.

Error Estimation:

- Compare the results obtained with the quadrature rule to estimate the error in each subinterval.
- Determine which subintervals have a significant impact on the error.

Refinement:

- Reduce the error by dividing the most significant subintervals into smaller subintervals.
- Perform the integration process again for the subintervals that have been refined.

Termination: Keep repeating the process of error estimation, adaptability, and refinement till a specific level of accuracy is reached or until a termination criterion is satisfied.

Formulation of the Open-Type Hybrid rule coupling the Gauss-Kronrod rule with a Derivative-Based Open-Type Newton-Cotes rule.

Here, we show how to couple two quadrature rules that both have the same degree of precision, say seven, to yield a hybrid rule of the same degree of precision, nine. The ingredients of the open-type hybrid rule are the Kronrod extension of the two-point Gauss-Legendre rule and a derivative-based open-type Newton-Cotes rule for $n=3$ which is given by Zafar (Zafar 2014),

$$I_{Exact}(f) = \frac{h}{224} \left\{ \begin{aligned} &1805[f(x_1) + f(x_2)] - 1245[f(x_0) + f(x_3)] \\ &+ h \left[\begin{aligned} &\frac{6605}{9}[f'(x_3) - f'(x_0)] + \\ &1315[f'(x_2) - f'(x_1)] \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\} + \frac{5951 h^9}{1016064} f^{(8)}(\mu) + \dots,$$

where the quadrature points are,

$$x_i = a + (i + 1)h, \quad i = 0,1,2, \dots n,$$

and the step size is defined as:

$$h = \left(\frac{b - a}{n + 2} \right).$$

This formula can be rewritten as,

$$I_{Exact}(f) = I_{NDO}(f) + E_{NDO}(f), \quad (6)$$

where,

$$I_{NDO}(f) = \frac{h}{224} \left\{ \begin{aligned} &1805[f(x_1) + f(x_2)] - 1245[f(x_0) + f(x_3)] \\ &+ h \left[\begin{aligned} &\frac{6605}{9}[f'(x_3) - f'(x_0)] + 1315[f'(x_2) - f'(x_1)] \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

and,

$$E_{NDO}(f) = \frac{5951 h^9}{1016064} f^{(8)}(\mu) + \mathcal{O}(h^{11}).$$

It should be noted that the new derivative-based Newton-Cotes formula I_{NDO} has a degree of precision of seven, the local truncation error is of ninth order, and it only needs four interior quadrature points. Thus, I_{NDO} requires the evaluations of the integrand and its first derivative at a lower number of abscissas compared to the classical Newton-Cotes rules.

Now, multiplying equations (5) and (6), respectively, by $\frac{29755}{2}$ and then adding the resulting equations yields the open-type hybrid quadrature rule as follows:

$$I_{OHR}(f) = \frac{70}{1041441} \left[\frac{29755}{2} I_{KGL2}(f) + \frac{8}{35} I_{NDO}(f) \right], \quad (8)$$

where $I_{KGL2}(f)$ and $I_{NDO}(f)$ are respectively, given by equations (6) and (7). The local truncation error of $E_{OHR}(f)$ is of ninth order, that is,

$$E_{OHR}(f) = \mathcal{O}(h^{11}). \quad (9)$$

We already know that the Gauss-Legendre quadrature rule is of open type because all of its nodes are interior points of the integration interval. Combining this rule with a closed-type Newton-Cotes rule can enable the computation of integrals without a closed-form anti-derivative or a non-elementary anti-derivative, as demonstrated below.

Formulation of a Closed-Type Hybrid Rule Coupling the Gauss-Kronrod Rule with a Derivative-Based Closed-Type Newton-Cotes Rule.

Furthermore, we can formulate a closed-type quadrature rule with a degree of precision of seven. Let us recall a derivative-based closed-type Newton-Cotes rule for $n = 3$ (Burg 2012) given as

$$I_{Exact}(f) = \int_a^b f(x) dx = \frac{h}{224} \left\{ \begin{aligned} &93[f(a) + f(b)] + 243[f(x_1) + f(x_2)] \\ &+ \frac{h}{5} [57[f'(a) - f'(b)] + 81[f'(x_2) - f'(x_1)]] \end{aligned} \right\} + \frac{9 h^9 f^{(8)}(\mu)}{313 \times 600} + \dots, \quad (10)$$

where the quadrature points $x_i = a + ih$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$, and the step size is $h = \frac{b-a}{n}$, with degree of precision seven. The formula (10) can be rewritten as,

$$I_{Exact}(f) = I_{NDC}(f) + E_{NDC}(f), \quad (11)$$

where the error is given as:

$$E_{NDC}(f) = \frac{9 h^9 f^{(8)}(\mu)}{313 \times 600} + O(h^{11}).$$

In a similar fashion to the formulation in Section 3, one can easily obtain the following linear combination of equation (6) with equation (11) yielding a closed-type hybrid quadrature rule as,

$$I_{CHR}(f) = \frac{15337}{167011} \left[\frac{3402}{313} I_{KGL2}(f) + \frac{1}{49} I_{NDC}(f) \right],$$

where $I_{KGL2}(f)$ and $I_{NDC}(f)$ are respectively given by equations (6) and (10). The corresponding truncation error of $I_{CHR}(f)$ is,

$$E_{CHR}(f) = O(h^{11}). \quad (12)$$

Next, we formulate a closed-type hybrid rule by blending two closed quadrature rules.

Formulation of The Closed -Type Hybrid Rule Coupling the Numerically Enhanced Gauss-Lobatto Quadrature Rule with

Bool’s Rule Enhanced by Richardson Extrapolation.

First, let us start with the Gauss-Lobatto quadrature rule.

1. Numerically Enhanced Gauss-Lobatto Quadrature Rule

The standard n -point Gauss-Lobatto quadrature rule is given by the following formula,

$$\int_a^b f(x) dx \approx I_{Lob}(f) = c_1 f(a) + \sum_{i=2}^{n-1} c_i f(x_i) + c_n f(b), \quad (13)$$

where the abscissas x_i are the $(i - 1)$ th zero of the $P'_{n-1}(x)$, and $P_n(x)$ is the n^{th} degree Legendre polynomial. This rule is closed because both of the endpoints a, b are also taken as quadrature points, and the degree of precision of this rule is $(2n - 3)$.

A numerical enhancement of the Gauss-Lobatto quadrature rule (13) was proposed by (Eslahchi et. al. 2005), they claim that their approach yields better approximate results than those obtained by the corresponding standard Gauss-Lobatto quadrature rule. The core idea of their approach is to consider the end-points of the integral as parameters and that the monomial basis functions x^i is extended from $i = 0, 1, 2, \dots, 2n + 1$ (for the standard Gauss-Lobatto) to $i = 0, 1, 2, \dots, 2n + 3$. Thus the proposed approach is approximately exact for polynomials of degree up to $2n + 3$. That is, they proposed the following system,

$$\int_a^b x^i dx = \frac{b^{i+1} - a^{i+1}}{i + 1} = \sum_{k=1}^n w_k x_k^i + \alpha a^i + \beta b^i,$$

for $i = 0, 1, 2, \dots, 2n + 3$, and the notations $a, b, \alpha, \beta, x_1, x_2, \dots, x_n, w_1, w_2, \dots, w_n$ are all unknowns, resulting in a non-linear system that has no analytic solution, but a numerical solution can be found. Thus, all the abscissas, the optimal location of endpoints, and the corresponding weights only have numerical values that are tabulated in (Eslahchi et. al

2005). Thus, one needs to rescale the original integral to fit the new optimal endpoints by the following transformation (Eslahchi et al., 2005),

$$\int_{\delta}^{\tau} f(x) dx = \int_a^b \psi(x) dx,$$

where,

$$\psi(x) = \left(\frac{\tau - \delta}{b - a}\right) f\left(\frac{(\tau - \delta)x + b\delta - a\tau}{b - a}\right).$$

A numerically enhanced Gauss-Lobatto quadrature rule for $n = 1$ takes the numerical form within a tolerance 10^{-7} (Eslahchi et. al 2005),

$$\int_a^b f(x) dx \approx I_{NLob}(f) = 4.7 \times 10^{-9} + 10^{-3} \left[9.3801 \psi(a) + 9.3802 \psi(b) + 37.5206 \psi(2.5022 \times 10^{-3}) \right], \quad (14)$$

where the optimal locations of the endpoints are:

$$a = -2.789016 \times 10^{-2}, b = 2.839074 \times 10^{-2}$$

Here, we show how to couple two closed quadrature rules, both having the same degree of precision, to yield a more accurate hybrid rule. The ingredients of the hybrid rule are a numerically improved Gauss-Lobatto quadrature rule, and Bool's rule enhanced by Richardson extrapolation.

2. Bool's Rule Enhanced by Richardson Extrapolation.

The closed Newton-Cotes quadrature rule for $n = 4$ is (five abscissas) known as Bool's rule, and is defined by the following formula,

$$\int_a^b f(x) \approx I_{Bool}(f) = \frac{2h}{45} \left\{ 7[f(a) + f(b)] + 32[f(x_1) + f(x_3)] + 12f(x_2) - \frac{8h^7}{945} f^{(6)}(\mu) \right\} \quad (15)$$

The corresponding error is,

$$E_{Bool}(f) = -\frac{(2h)^7}{21 \times 6!} f^{(6)}(\mu) + \dots,$$

where the quadrature points $x_i = a + ih$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$, and the step size is $h = \frac{b-a}{n}$, with degree of precision five. Here we show how to enhance the Bool's rule by Richardson extrapolation. The mechanism of Richardson extrapolation is to begin with an initial approximation at a certain level of refinement, and then compute a successive approximation using a finer level of refinement. Finally, apply the following Richardson extrapolation formula (Zlatev et. al. 2018) yielding an enhanced accuracy of the approximated integral,

$$\int_a^b f(x) dx \approx I_4^{(k)} = \frac{4^k I_{2n}^{(k-1)} - I_n^{(k-1)}}{4^k - 1}, \quad (16)$$

for $n \geq 2^k, k \geq 1$.

Starting with $k = 1$ in (16) we have

$$I_4^{(1)} = \frac{4I_8^{(0)} - I_4^{(0)}}{3}, \quad (17)$$

where,

$$I_4^{(0)} = I_{Bool}(f).$$

Now for $I_8^{(0)}$ we have nine points, thus $I_8^{(0)}$

$$= \frac{h}{45} \left\{ 7[f(a) + f(b)] + 32 \left[f\left(a + \frac{h}{2}\right) + f\left(a + \frac{3h}{2}\right) + f\left(a + \frac{5h}{2}\right) + f\left(a + \frac{7h}{2}\right) \right] + 12[f(a+h) + f(a+3h)] + 14f(a+2h) \right\}$$

By substituting $I_4^{(0)}$ and $I_8^{(0)}$ into equation (17), we obtain

$$I_{RBool}(f) = I_4^{(1)}(f) = \frac{2h}{135} \left\{ 7[f(a) + f(b)] - 8[f(a+h) + f(a+3h)] + 64 \left[f\left(a + \frac{h}{2}\right) + f\left(a + \frac{3h}{2}\right) + f\left(a + \frac{5h}{2}\right) + f\left(a + \frac{7h}{2}\right) \right] \right\}$$

where the truncation error of the enhanced quadrature rule $I_4^{(1)}$ can be computed by Taylor expansions of the functions involved in $I_4^{(1)}$ to yield,

$$EI_4^{(1)}(f) = \frac{5(2h)^7}{336 \times 6!} f^{(6)}(\mu) + \frac{277(2h)^9}{11520 \times 8!} f^{(8)}(\mu) + \dots,$$

Comparing the error $EI_4^{(1)}(f)$ with $E_{Bool}(f)$, one could notice that the magnitude of the coefficient of the leading term of $EI_4^{(1)}$ has decreased by an amount of $\frac{5}{16}$ compared to the corresponding term in $E_{Bool}(f)$.

For $k = 2$ in (16), we have

$$I_4^{(2)} = \frac{4I_8^{(1)} - I_4^{(1)}}{15}, \quad (18)$$

where,

$$I_8^{(1)} = \frac{h}{135} \left\{ \begin{aligned} &7[f(a) + f(b)] \\ &+ 32 \left[\begin{aligned} &f\left(a + \frac{h}{4}\right) + f\left(a + \frac{3h}{4}\right) + f\left(a + \frac{5h}{4}\right) \\ &+ f\left(a + \frac{7h}{4}\right) + f\left(a + \frac{9h}{4}\right) + f\left(a + \frac{11h}{4}\right) \\ &+ f\left(a + \frac{13h}{4}\right) + f\left(a + \frac{15h}{4}\right) \end{aligned} \right] \\ &+ 12 \left[f\left(a + \frac{h}{2}\right) + f\left(a + \frac{3h}{2}\right) + f\left(a + \frac{5h}{2}\right) + f\left(a + \frac{7h}{2}\right) \right] \\ &+ 14[f(a+h) + f(a+2h) + f(a+3h)] \end{aligned} \right\}.$$

Substituting $I_4^{(1)}$ and $I_8^{(1)}$ into equation (18) yields,

$$I_4^{(2)} = \frac{2h}{2025} \left\{ \begin{aligned} &77[f(a) + f(b)] \\ &+ 384 \left[\begin{aligned} &f\left(a + \frac{h}{4}\right) + f\left(a + \frac{3h}{4}\right) + f\left(a + \frac{5h}{4}\right) \\ &+ f\left(a + \frac{7h}{4}\right) + f\left(a + \frac{9h}{4}\right) \\ &+ f\left(a + \frac{11h}{4}\right) + f\left(a + \frac{13h}{4}\right) + f\left(a + \frac{15h}{4}\right) \end{aligned} \right] \\ &+ 80 \left[f\left(a + \frac{h}{2}\right) + f\left(a + \frac{3h}{2}\right) + f\left(a + \frac{5h}{2}\right) + f\left(a + \frac{7h}{2}\right) \right] \\ &+ 176[f(a+h) + f(a+2h) + f(a+3h)] \end{aligned} \right\},$$

the truncation error of the enhanced quadrature rule $I_4^{(2)}$ and can be computed similarly to the error of $I_4^{(1)}$, so

$$EI_4^{(2)}(f) = -\frac{9(2h)^7}{8960 \times 6!} f^{(6)}(\mu) - \frac{421(2h)^9}{245760 \times 8!} f^{(8)}(\mu) - \dots,$$

A similar process can be followed for $k = 3$. To prevent repetition, in a similar analogy to the derivation in Sections 3 and 4, one could linearly combine the numerically enhanced Gauss-Lobatto quadrature rule with Boole's rule enhanced by Richardson extrapolation, yielding a closed-type quadrature rule $I_{CBOLob}(f)$, and the corresponding truncation error is,

$$E_{CHR}(f) = \mathcal{O}(h^9). \quad (19)$$

RESULTS

Some integral examples are presented in Table (1) to verify the efficiency of the open-type mixed quadrature rule $I_{OHR}(f)$. For example, the following logarithmic integral has non-elementary anti-derivative as:

$$I_1 = \int_1^2 \ln[\ln(x)] dx = -\text{Li}(2) + \gamma + 2 \log(\log 2) \approx -1.20097,$$

where $\text{Li}(x) = \int_0^x \frac{dy}{\ln(y)}$ is the logarithmic integral function, and γ is the Euler-Mascheroni constant; thus such an integral only has a numerical value. Other integral examples of singular-kernel are presented, such as elliptic integral I_2 , exponential integral I_3 , error function I_6 , Dirichlet integral I_7 (Kober, 1940), and incomplete gamma function I_4 . Concerning the Dirichlet integral I_7 , we need the variable transformation $w = e^{-x}$ to transform the indefinite integral I_7 to a definite integral as follows:

$$I_7 = \int_0^\infty \frac{\sin x}{x} dx \xleftrightarrow{x=\ln\left(\frac{1}{w}\right)} \int_0^1 \frac{\sin\left[\ln\left(\frac{1}{w}\right)\right]}{w \ln\left(\frac{1}{w}\right)} dw.$$

Now, we recall the following transformation:

$$\int_a^b f(w)dw = \int_{-1}^1 f\left[\frac{(b-a)x+b+a}{2}\right]\left(\frac{b-a}{2}\right) dx,$$

Thus, one has

$$\int_0^\infty \frac{\sin x}{x} dx = \int_{-1}^1 \frac{\sin\left[\ln\left(\frac{2}{x+1}\right)\right]}{(x+1)\ln\left(\frac{2}{x+1}\right)} dx.$$

Also, some integral examples of the closed-type mixed quadrature rule are presented in Table (2) to verify the efficiency of the closed-type mixed quadrature rule $I_{CHR}(f)$. For example, the following logarithmic integral has non-elementary anti-derivative:

$$I_1 = \int_1^2 e^{e^x} dx = Ei(e^2) - Ei(e) \approx 255.676,$$

where $Ei(x) = -\int_{-x}^\infty \frac{e^{-y}}{y} dy$ is the exponential integral, thus the integral I_1 only has an approximate value. These approximate integral values are used for verification purposes by comparing them with the numerical results obtained by the proposed rules and are referred to as near-exact values. Other integral examples of non-elementary anti-derivatives are also presented, such as the Gaussian integral I_2 (encountered in probability density), the sine integral, and the exponential integral I_4 .

DISCUSSION

For numerical computations, we build up some numerical routines by Mathematica 3.1. software. Table (1) shows the approximate values of some improper integrals, either with singular integrands or with infinite intervals of integration. With a small number of abscissas, the observed accuracy is quite good and very satisfactory. It should be noted that the relative errors related to the approximate results shown in Tables (2) and (3) are much smaller than those in Table (1). This variance between both categories can be traced back to the fact that the integrands in Table (2) are quite well-behaved functions, unlike the integrands in Table (1) which can be

considered bad-behaved functions. For instance, the Dirichlet integral I_7 in Table (1) has a singularity at both endpoints of the integration interval. Also, the integrand of I_1 in Table (2) experiences very sharp variations, especially in the sub-region (1.5,2) as shown in Figure (1). Thus, to achieve higher accuracy for $I_{OHR}(f)$, the rule $I_{NDO}(f)$ needs to be enhanced by an adaptive algorithm. Thus, one urgently needs a local-adaptive algorithm for $I_{NDO}(f)$ and $I_{NDC}(f)$ to conveniently capture the integrand behavior rather than only relying on four nodes. However, such integrand behavior will be inherited in the adaptive algorithm; the adaptive quadrature algorithm for integrals in Table (1) may suffer from slow convergence and thus need quite a few iterations, as shown in Table (4). Tables (4) and (5) show that the approximate results agree with the near-exact ones up to four digits as we set up the termination criterion of the adaptive algorithm to 10^{-5} .

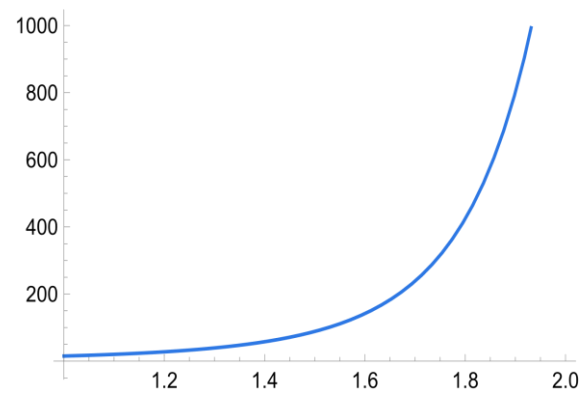


Figure (1): The function $f(x) = e^{e^x}$ along the interval $[0,2]$

Table: (1). Numerical results computed by the open-type hybrid quadrature rule $I_{OHR}(f)$ compared with its constituent rules $I_{KGL2}(f)$ rules and $I_{NDO}(f)$.

Integral/Transformed Int.	Near-Exact	$I_{KGL2}(f)$	$I_{NDO}(f)$	$I_{OHR}(f)$	Relative Error
$I_1 = \int_1^2 \ln[\ln(x)] dx$	≈ -1.20097	-1.186269827214	-1.150942419465	-1.186203619128	$E_{KGL2} = 1.224350377214 \times 10^{-2}$ $E_{NDO} = 4.165913561106 \times 10^{-2}$ $E_{OHR} = 1.2298632432924 \times 10^{-2}$
$I_1 = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 \ln \left[\ln \left(\frac{x+3}{2} \right) \right] dx$					
$I_2 = \int_0^1 \sqrt{1-x^4} dx$	≈ 0.8740191847	0.8747043456216	0.8787134586882	0.8747118592129	$E_{KGL2} = 7.839197005632 \times 10^{-4}$ $E_{NDO} = 5.37090490231107 \times 10^{-3}$ $E_{OHR} = 7.925162982014 \times 10^{-4}$
$I_2 = \frac{1}{8} \int_{-1}^1 \sqrt{16-(x+1)^4} dx$					
$I_3 = \int_1^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} dx$	≈ 0.219384	0.21841054884110	0.23028552760062	0.21843280407190	$E_{KGL2} = 4.43690444836492 \times 10^{-3}$ $E_{NDO} = 4.9691848380501 \times 10^{-2}$ $E_{OHR} = 4.335460234298 \times 10^{-3}$
$I_3 = \int_{-1}^1 \frac{e^{-\left(\frac{2}{1+x}\right)}}{1+x} dx$					
$I_4 = \int_0^{\infty} e^{-x} x dx$	$\Gamma(2) = 1$	0.9852958834667177	0.9499682436581703	0.9852296749459611	$E_{KGL2} = 1.47041165332823 \times 10^{-2}$ $E_{NDO} = 5.00317563418297 \times 10^{-2}$ $E_{OHR} = 1.477032505403886 \times 10^{-2}$
$I_4 = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 \ln \left(\frac{2}{x+1} \right) dx$					
$I_5 = \int_0^{\infty} \frac{e^{-x}}{1+x^2} dx$	≈ 0.62145	0.621317534623	0.6232082213946	0.6213210780121	$E_{KGL2} = 2.125507968272 \times 10^{-4}$ $E_{NDO} = 2.8298305931829 \times 10^{-3}$ $E_{OHR} = 2.0684898452106 \times 10^{-4}$
$I_5 = 2 \int_{-1}^1 \frac{\left[e^{-\left(\frac{1+x}{2}\right)} + e^{-\left(\frac{2}{1+x}\right)} \right]}{x^2 + 2x + 5} dx$					
$I_6 = \text{Erfc}(1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_1^{\infty} e^{-x^2/2} dx$	≈ 0.15865525	0.1587331354611	0.15817808821860	0.1587320952315	$I_{KGL2} = 4.908852857186 \times 10^{-4}$ $I_{NDO} = 3.0075632607556 \times 10^{-3}$ $I_{OHR} = 4.8432874516111 \times 10^{-4}$
$I_6 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-1}^1 \frac{e^{-\left[\ln\left(\frac{2e}{x+1}\right)\right]^2/2}}{1+x} dx$					
$I_7 = \int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$	$= \frac{\pi}{2} \approx 1.5708$	1.6085019683186124	2.076910604996239	1.609379826084149	$E_{KGL2} = 2.3553490365081 \times 10^{-2}$ $E_{NDO} = 2.60795542073356 \times 10^{-1}$ $E_{OHR} = 2.30205838669871 \times 10^{-2}$
$I_7 = \int_{-1}^1 \frac{\sin \left[\ln \left(\frac{2}{x+1} \right) \right]}{(x+1) \ln \left(\frac{2}{x+1} \right)} dx$					

Table: (2). Numerical results computed by the closed-type hybrid quadrature rule $I_{CHR}(f)$ compared with its constituent rules $I_{KGL2}(f)$ rules and $I_{NDC}(f)$.

Integral	Near-Exact	$I_{KGL2}(f)$	$I_{NDC}(f)$	$I_{CHR}(f)$	Relative Error
$I_1 = \int_1^2 e^{e^x} dx$	≈ 255.6758679186	255.820070562722	253.89134362084	255.81645588145	$E_{KGL2} = 5.6400568941 \times 10^{-4}$ $E_{NDC} = 6.9796352399 \times 10^{-3}$ $E_{CHR} = 5.4986794034 \times 10^{-4}$
$I_2 = \int_1^2 e^{-x^2} dx$	$\approx 0.1352572579499946$	0.13525734814014	0.13525655014006	0.1352573466445	$E_{KGL2} = 6.6680450970 \times 10^{-7}$ $E_{NDC} = 5.2330623751 \times 10^{-6}$ $E_{CHR} = 6.55747403635 \times 10^{-7}$
$I_3 = \int_1^2 \frac{\sin x}{x} dx$	$\approx 0.6593299064355118$	0.6593299064397252	0.6593299064006406	0.659329906439652	$E_{KGL2} = 6.3904387767 \times 10^{-12}$ $E_{NDC} = 5.288887503 \times 10^{-11}$ $E_{CHR} = 6.2793036395 \times 10^{-12}$
$I_4 = \int_1^2 \frac{e^{-x}}{x} dx$	≈ 0.170483	0.17048364153294074	0.1704813324558944	0.17048363720543466	$E_{KGL2} = 1.27781034023 \times 10^{-6}$ $E_{NDC} = 1.226648034 \times 10^{-5}$ $E_{CHR} = 1.2524266050 \times 10^{-6}$
$I_5 = \int_0^1 \frac{dx}{1+x^4}$	≈ 0.86697	0.8669767626543958	0.8669225103807843	0.8669766609786879	$E_{KGL2} = 4.3545929803 \times 10^{-6}$ $E_{NDC} = 5.8222066735 \times 10^{-5}$ $E_{CHR} = 4.23731630684 \times 10^{-6}$

Table: (3). Numerical results computed by the closed-type hybrid quadrature rule $I_{CBOLob}(f)$ compared with its constituent rules $I_{RBool}(f)$ rules and I_{NLob} .

Integral	$I_{RBool}(f)$	$I_{NLob}(f)$	I_{CBOLob}	Relative Error
$\int_1^2 e^{-x^2} dx$	0.1352600678077	0.1352461059959	0.135246113746	$E_{RBool} = 2.0774173353466 \times 10^{-5}$ $E_{NLob} = 8.2449949905523 \times 10^{-5}$ $E_{CBOLob} = 8.239264762395 \times 10^{-5}$
$\int_1^2 \frac{\sin x}{x} dx$	0.659329912197	0.6593298963945	0.659329900299	$E_{RBool} = 8.739114546289 \times 10^{-9}$ $E_{NLob} = 8.2449949905523 \times 10^{-5}$ $E_{CBOLob} = 8.2392647623949 \times 10^{-5}$
$\int_1^2 \frac{e^{-x}}{x} dx$	0.170475250379	0.1705180434985	0.1705180554623	$E_{RBool} = 4.7941954266458 \times 10^{-5}$ $E_{NLob} = 2.03068488283273 \times 10^{-4}$ $E_{CBOLob} = 2.0313866405311 \times 10^{-4}$

Table: (4). Numerical results computed by the Closed-type hybrid quadrature rule $I_{CHR}(f)$ compared with its constituent rules and $I_{KGL2}(f)$ rules and $I_{NDC}(f)$ using an adaptive algorithm with termination criterion 10^{-5} .

Integral	Iterations $I_{KGL2}(f)$	Iterations	Iterations $I_{NDC}(f)$	Iterations	Iterations $I_{CHR}(f)$	Iterations
$I_1 = \int_1^2 e^{e^x} dx$	255.675894812	2	255.667210454	12	255.675608551	10
$I_2 = \int_1^2 e^{-x^2} dx$	0.135257258	1	0.135249563462	6	0.135254562	1
$I_3 = \int_1^2 \frac{\sin x}{x} dx$	0.659329906	1	0.659336124	6	0.659330466	1
$I_4 = \int_1^2 \frac{e^{-x}}{x} dx$	0.170480601	1	0.170479739	9	0.170480601391	1

Table: (5). Numerical results computed by the open-type hybrid quadrature rule $I_{OHR}(f)$ compared with its constituent rules $I_{KGL2}(f)$ rules and $I_{NDO}(f)$ using adaptive algorithm.

Integral	$I_{KGL2}(f)$	Iterations	$I_{NDO}(f)$	Iterations	$I_{CHR}(f)$	Iterations
$I_1 = \int_1^2 \ln[\ln(x)] dx$	-1.2009667766545051	10	-1.200967848901904	12	-1.20096674432545	10
$I_2 = \int_0^1 \sqrt{1-x^4} dx$	0.8740193510435356	7	0.8740193218057818	9	0.8740193527868432	7
$I_5 = \int_0^\infty \frac{e^{-x}}{1+x^2} dx$	0.621449500800718	1	0.6214593348845058	12	0.6214519128864372	5
$I_7 = \int_0^\infty \frac{\sin x}{x} dx$	1.5888888194648858	13	1.5689338860146185	10	1.5886295131152703	13

CONCLUSIONS

Open and closed hybrid quadrature rules $I_{OHR}(f)$, $I_{CHR}(f)$, and $I_{CBOLob}(f)$ have been proposed in this paper. Their ingredients are some enhanced quadrature rules, such as the Kronrod-Legendre pair, Boole’s rule enhanced by Richardson extrapolation, the numerically enhanced Gauss-Lobatto quadrature rule, and

derivative-based Newton-Cotes formulae. The proposed hybrid quadrature rules are found to perform better than their ingredient quadrature rules through error analysis, as evidenced in equations (9), (12), and (19). Strictly speaking, the degree of precision of the proposed hybrid quadrature rules is $(p + 2)$, where p is the degree of precision of its ingredient rules. A variety of integral

examples have been considered for verification purposes that correspond to numerous applications in science and engineering. Considering that we implement low-order quadrature rules of either the Gauss or Newton-Cotes type, the observed accuracy is satisfied. The performance of such hybrid rules can be enhanced by the adaptive quadrature rule as shown in Tables (4) and (5) with a tolerance of 10^{-5} . Overall, all the results obtained are very satisfactory.

Duality of interest: The authors declare that they have no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: Contribution is equal between authors.

Funding: No specific funding was received for this work.

REFERENCES

Atkinson, K. E. (2012). An Introduction to Numerical Analysis. Second Ed. Wiley Student Edition.

Babolian, M. Masjed-Jamei, Eslahchi M.R. (2005). On numerical improvement of Gauss–Legendre quadrature rules. *Appl. Math. Comput.*160: 779-789. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2003.11.031>

Begumisa A. and Robinson I. (1991). Suboptimal Kronrod extension formulas for numerical quadrature. *Numer. Math.* **58**:808-818.

Burden, R. L. and Faires J. D. (2005). Numerical Analysis. Eighth edition. Thomson, Brooks/Cole.

Burg E. C. (2012). Derivative-based closed Newton–Cotes numerical quadrature. *Applied Mathematics and Computation.*218(13): 7052-7065. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2011.12.060>

Burg E. C. and Degny E. (2013). Derivative-Based Midpoint Quadrature Rule. *Applied Mathematics.*4(1A): 228-234. DOI: <https://dx.doi.org/10.4236/am.2013.41A035>

Das R. N. and Pradhan G. (1996). A mixed quadrature for approximate evaluation of real and definite integrals, *Int. J. Math. Educ. Sci. Technology*, Vol-27, no-2, 279-283. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739960270214>

Das R. N. and Pradhan G. (2012). On the use of mixed quadrature in adaptive quadrature routine. *Global Journal of Mathematics and Mathematical Sciences.*2:45-56.

Das R. N. and Pradhan G. (2013). Application of mixed quadrature rules in the adaptive quadrature routine. *General Mathematics Notes.*18: 46-63.

Das R. N. and Pradhan G. (2013). Numerical computation of integrals with singularity in the adaptive integration scheme involving a mixed quadrature rule. *Bulletin of Pure and Applied Sciences.*32: 29-38.

Davis P.J. and Rabinowitz P. (2012). *Methods of Numerical Integration.* Second Ed. Academic Press.

Dehghan M., Masjed-Jamei, Babolian E. (2005). On numerical improvement of Gauss–Lobatto quadrature rules. *Appl. Math. Comput.*164:707-717. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.04.113>

Dehghan M., Masjed-Jamei, Eslahchi M.R. (2005). On numerical improvement of closed Newton–Cotes quadrature rules. *Appl. Math. Comput.*165:251-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.07.009>

- Dehghan M., Masjed-Jamei, Eslahchi M.R. (2005). The semi-open Newton–Cote’s quadrature rule and its numerical improvement. *Appl. Math. Comput.*171:1129-1140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.01.137>
- Dehghan M., Masjed-Jamei, Eslahchi M.R. (2006). On numerical improvement of open Newton–Cotes quadrature rules. *Appl. Math. Comput.*175:618-627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.07.030>
- Gautschi W. (1987). Gauss-Kronrod quadrature - a survey. In G. V. Milovanović, editor. *Numerical Methods and Approximation Theory III*.39–66.
- Jena S. and Nayak, D. (2015). Hybrid Quadrature for Numerical Treatment of Nonlinear Fredholm Integral Equation with Separable Kernel. *International journal of applied mathematics and statistics*.53: 83-89.
- Jena S.R. and Dash R.B. (2011). Study of Approximate Value of Real Definite Integral by Mixed Quadrature Rule Obtained from Richardson Extrapolation. *International Journal of Computational Science and Mathematics*.3(1): 47-53.
- Kahaner D. K. and Monegato G. (1978). Nonexistence of extended Gauss-Laguerre and Gauss-Hermite quadrature rules with positive weights. *Z. Angew. Math. Phys.* 29:983-986.
- Kober, H. (1940). On Dirichlet’s Singular Integral. *The Quarterly Journal of Mathematics*.11(1): 66-80. DOI: <https://doi.org/10.1093/qmath/os-11.1.66>
- Kronrod AS. (1965). *Nodes and Weights of Quadrature Formulas*. Authorized Translation. New York, NY, USA: Russian Consultants Bureau.
- Laurie D. P. (1996). Anti-Gaussian Quadrature formulas. *Math. Comp.*, A. M. S. 65: 739-747.
- Masjed-Jamei M., Eslahchi M.R., Dehghan M. (2004). On numerical improvement of Gauss–Radau quadrature rules. *Appl. Math. Comput.*168:51-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.08.046>.
- Milovanovic G. V. (1998). *Numerical Calculation of Integrals Involving Oscillatory and Singular Kernels and Some Applications of Quadratures*. *Computers Math. Application*.36(8):19-39, © Elsevier Science Ltd. Pergamon.
- Mohanty, S.K. (2020). A Mixed Quadrature Rule by blending the Lobatto rule and Modified Clenshaw-Curtis Rule due to Richardson Extrapolation. *International Journal of Scientific & Engineering Research*.11(5):142-149.
- Patra, P., Das, D., Dash B. (2018). A comparative study of Gauss–Laguerre quadrature and an open-type mixed quadrature by evaluating some improper integrals. *Turkish Journal of Mathematics*.42(1). DOI: <https://doi:10.3906/mat-1610-57>
- Patterson T.N.L. (1968). On some Gauss and Lobatto-based quadrature formulae. *Math. Comp.*22:877-881.
- Patterson T.N.L. (1968). The optimum addition of points to quadrature formulae. *Math Comput.*22: 847-856.
- Sermutlu E. (2005). Comparison of Newton–Cotes and Gaussian methods of quadrature. 2005. *Applied Mathematics and Computation*. 171:1048-1057. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.01.102>

Stoer, J. and Bulirsch, R. (1992). Introduction to Numerical Analysis. Second Ed., Springer-Verlage.

Tripathy A.K., Dash R. B., Baral A.(2015). A mixed quadrature blending Lobatto and Gauss-Legendr the three-point rule for approximate evaluation of the real definite integral. *International Journal of Computing Science and Mathematics*.6(4): 366-377. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJCSM.2015.071809>

Zafar F., Saleem S. and Burg E. C. (2014). New Derivative Based Open Newton-Cotes Quadrature Rules, Hindawi Publishing Corporation. *Abstract and Applied Analysis*. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/109138>

Zlatev Z., Dimov I., Faragó I., Havasi A. (2018). Richardson Extrapolation: Practical Aspects and Applications. Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston.

Record of *Sordaria fimicola* Causing Dieback on *Juniperus phoenicea* in Al-Jabal Al-Akhdar – Libya



Ayhaab A. Zaetout^{1*}, Nwara A. Mohamed² and Mohamed A. Saeed²

¹Department of Forestry and Rangeland, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Derna, Libya

²Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 8 March 2022</p> <p>Accepted: 25 April 2023</p> <p>Keywords: <i>Sordaria fimicola</i>; Dieback; <i>Juniperus phoenicea</i>; Al-Jabal Al-Akhdar; Libya.</p>	<p>Abstract: This study is the first record of the fungus <i>Sordaria fimicola</i> as one of the causes of death for the <i>Juniperus phoenicea</i> L trees in the Al-Jabal Al-Akhdar region, Libya, where severe deterioration occurred as a result of partial or complete death, and the symptoms of the disease were characterized by the gradual death of the branches from the limbs towards the trunk (Dieback), accompanied by yellowing of the leaves, turning brown, and ends with their falling off and leaving branches without leaves. Isolation was carried out on leaves and branches that show symptoms of tree mortality to obtain the primary cause of the disease and to verify its pathogenicity by infection of seedlings of <i>Juniperus phoenicea</i> or infection of recent branches. The fungus was identified depending on the morphological characteristics of the colony growing on the nutrient medium potato dextrose agar, in addition to measuring the vegetative and reproductive structures taken by a light microscope. The results showed that the fungus <i>Sordaria fimicola</i> is one of the causes of juniper mortality, as it was distinguished by a dark, pear-shaped fruiting body with an average length of $9.77 \pm 480.93 \mu\text{m}$ and an average width of $66.06 \pm 441.285 \mu\text{m}$, inside which are asci containing chains of ascospores, its average length was $1.98 \pm 20,268 \mu\text{m}$, and the average width was $1.00 \pm 11.454 \mu\text{m}$.</p>
--	---

تسجيل لفطر *Sordaria fimicola* مسبب الموت الرجعي لأشجار العرعر الفينيقي *Juniperus phoenicea*، الجبل الأخضر – ليبيا

<p>الكلمات المفتاحية: فطر <i>Sordaria fimicola</i>؛ مرض الموت الرجعي؛ العرعر الفينيقي <i>Juniperus phoenicea</i>؛ الجبل الأخضر؛ ليبيا.</p>	<p>المستخلص: تعد هذه الدراسة التسجيل الأول للفطر <i>Sordaria fimicola</i> كأحد مسببات موت أشجار العرعر الفينيقي <i>Juniperus phoenicea</i> L النامية بمنطقة الجبل الأخضر، ليبيا، حيث ظهرت حالة تدهور شديد نتيجة الموت الجزئي أو الكلي، واتسمت أعراض المرض بموت الأفرع تدريجياً من الأطراف باتجاه الساق (موتاً رجعياً) مصحوبة باصفرار الأوراق لتتحول للون البني، وتنتهي بتساقطها، وبقاء الأفرع بدون أوراق، وعند إجراء العزل من الأوراق، والأفرع، والتي تظهر عليها أعراض الموت، للحصول على المسبب الرئيسي للمرض، وبالتحقق من إمرضيته بواسطة عدوى بادرات من العرعر الفينيقي، أو عدوى أفرع حديثة، وقد عرف الفطر اعتماداً على الصفات الشكلية للمستعمرة النامية على الوسط الغذائي بطاطس دكستروز أجار، بالإضافة لقياس التراكيب الخضرية، والتكاثرية المأخوذة بواسطة المجهر الضوئي، بينت النتائج أن الفطر <i>Sordaria fimicola</i> أحد مسببات موت العرعر، حيث تميز بجسم ثمري داكن كثري الشكل بمتوسط طول 9.77 ± 480.93 ميكرومتر، ومتوسط عرض 66.06 ± 441.285 ميكرومتر، بداخله الأكياس الأسكية الحاوية على سلاسل من الجراثيم الأسكية متوسط طولها 1.98 ± 20.268 ميكرومتر، ومتوسط العرض 1.00 ± 11.454 ميكرومتر.</p>
---	--

السنين، ويصل عدد أنواعها إلى 60 نوعاً من العرعر في أجزاء كثيرة من العالم (Adams & Demeke, 1993) والنامية طبيعياً في منطقة الجبل الأخضر، والتي تشكل 80% من إجمالي الأشجار، والشجيرات دائمة الخضرة

المقدمة

يعرف نبات العرعر *Juniperus phoenicea* L. بأنه شجرة دائمة الخضرة من عاريات البذور، تنمو في المناطق الباردة، يتبع الرتبة الصنوبرية، وتمتاز بكونها معمرة لمئات

* إيهاب علي زعطوط: a.zaetout@uob.edu.ly، قسم الغابات والمراعي، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة درنة، ليبيا.

تهدف هذه الدراسة للتعرف على الأعراض المميزة لمرض الموت الرجعي، والتعرف على المسببات المرضية التي تؤدي إلى موت أشجار العرعر من خلال عزل، وتعريف الممرض المتسبب في الأعراض بعد إثبات قدرتها الإراضية.

المواد وطرق البحث

جمعت الأجزاء النباتية (الأوراق، والأفرع) من مواقع الدراسة التي تظهر عليها أعراض التدهور باستخدام مقص، ووضعت العينات في أكياس من الورق لتنتقل إلى المعمل.

عزل الفطر الممرض المحتمل من الأجزاء التي ظهرت عليها أعراض مرضية، وذلك بتعقيم الجزء المصاب بعد تقطيعه بالمقص إلى أجزاء بطول 1 سم²، ووضعت القطع في هيبوكلوريت الصوديوم 10% لمدة دقيقتين، ثم غسلت بالماء المعقم ثلاث مرات، وجففت بورق الترشيح ونقلت إلى أطباق بتري بها بيئة (بطاطس دكستروز أجار (PDA)، مضافاً إليها المضاد الحيوي استربتوماسين streptomycin (50µg/ml)، وحضنت الأطباق على درجة حرارة الغرفة لمدة 7 أيام.

تنقية الفطر المعزول: نقل الفطر إلى أوساط غذائية جديدة، للحصول على الكائن المعزول بصورة نقية، بأخذ قطعة من نهايات المستعمرات النقية النامية إلى أطباق بتري معقمة تحتوي على بيئة بطاطس دكستروز أجار (PDA).

اختبار القدرة الإراضية: اختبرت القدرة الإراضية للفطر المعزول كما يلي:

اختبار القدرة الإراضية على أفرع حديثة: أجرى هذا الاختبار تحت الظروف الحقلية وفقاً لطريقة (Broome, 2003)، حيث وضعت أفرع حديثة في أصص بها تربة معقمة (تربة: رمل: بتموس) (8: 1: 1) لاثبات الإراضية حقن الكائن المعزول على أنسجة نباتية من بادرات العرعر بواسطة قرص فطر قطره 5 مم، وغطيت كل بادرة بكيس

(لجنة دراسة الغطاء النباتي، 2005)، ويعد من النباتات المسجلة بالقائمة الحمراء IUCN للنباتات المهددة بالانقراض في مناطق مختلفة في العالم (IUCN، 2006). وغابات العرعر الفينيقي *J. phoenicea* النامية بمنطقة الجبل الأخضر تمر بحالة تدهور شديد تصل إلى حالة الموت الكلي، أو الجزئي، ويبدأ هذا التدهور بتغير لون الأوراق، والأفرع على شكل اصفرار ثم تتحول إلى اللون البني، وتغير لون الأغصان الطرفية، لتموت تدريجياً من الأطراف باتجاه الساق موتاً رجعياً (شعيب، 2009). انخفضت مساحة العرعر بليبيا بنسبة 25%. ظاهرة تدهور العرعر لها بعد عالمي حيث رصدت في سبع عشرة دولة بمختلف قارات العالم (Darbyshire et al., 2003)، وهي الباكستان (Ahmed et al., 1990; Esper et al., 1995) والسعودية (Andrews, 1998)؛ عارف والجهني، (2000)، وعمان (Fisher & Gardner, 1995) وجيبوتي (Fisher, 1997) والصومال (Miskell, 2000) ومرتفعات شمال إثيوبيا (Darbyshire et al., 2003) وبريطانيا (Clifton et al., 1997; Wilkins & Diamond et al., 2011)، في حين بين (Duckworth, 2011) تدهور غابات العرعر في تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية، لوحظ وجود فطر *Sordaria fimicola* Roberge ex في الأنسجة النباتية (Carroll, 1988; Griffith & Boddy, 1988) حيث عُزل من إير، وأعناق الصنوبريات، وأشجار العرعر في أوروبا، والولايات المتحدة الأمريكية، كما عزل هذا الفطر أيضاً من أشجار العرعر الشائع في بيلاروسيا (Belomesyatseva, 2002)، كذلك تم عزله، وتعريفه مورفولوجياً من الأنسجة المصابة من الصنوبريات في سلوفاكيا، وأظهرت نتائج تحليل ITS (Internal transcribed spacer) أن الفطر يرتبط ارتباطاً وثيقاً بتسلسلات ITS للعديد من عزلات *S. fimicola* التي توثق التكافؤ البيئي الواسع، والتوزيع الجغرافي للفطر (Ivanová, 2015).

وتكون الجراثيم الأسكية داخل الأكياس الأسكية في شكل سلال (الشكل، E-2)، الأبواغ الأسكية الناضجة محاطة بغمد هلامي، أو جيلاتيني (الشكل، H-2). يتبين من الجدول (1) أن الفطر ينتج عدة تراكيب تكاثرية، كأجسام ثمرية، وجراثيم داخل الأكياس الأسكية كما (بالشكل، G-2) عند قياس الأجسام الثمرية كان متوسط طولها (9.77 ± 480.93) ميكرومتر، ومتوسط العرض (66.06 ± 441.285) ميكرومتر، و متوسط طول الجراثيم (1.98 ± 20.268) ميكرومتر، ومتوسط العرض (1.00 ± 11.454) ميكرومتر، أبعاد الجراثيم الأسكية للفطر $S. fimicola$ 12×20 ميكرومتر.

جدول: (1). القياسات الميكرومترية للفطر *S. fimicola*

متوسط \pm الخطأ القياسي	المدى	تراكيب الفطر
1.98 ± 20.268	17.38 - 22.19	الجراثيم الطول
1.00 ± 11.454	10.06 - 12.85	العرض
9.77 ± 480.93	474.02 - 487.84	الأجسام الطول
66.06 ± 441.285	394.57 - 488	العرض الثمرية

اختبار القدرة الإراضية: يوضح (الشكل، 3 ج-د) نتائج القدرة الإراضية للفطر *Sordaria fimicola* على شتول العرعر النامية طبيعياً، والتي تركت لمدة شهر قبل الحقن بالفطر، حيث ظهرت أعراض المرض على الشتول بينما يبين (الشكل، 3 هـ) أعراض المرض على أفرع حديثة زرعت في التربة، ووضعت تحت الظروف الحقلية المفصولة من نباتات سليمة ظاهرياً بعد حقنها بالفطر المعزول، مقارنة بالشتول غير المحقونة (شكل، 3 أ-ب)، والأفرع الحديثة السليمة (شكل، 3 و). ويظهر من (الشكل، 4 أ-ب) أعراض الموت على أجزاء نباتية محقونة صناعياً بالفطر *Sordaria fimicola*، ويظهر من (الشكل، 4 ج) مستعمرة الفطر نامية على الوسط الغذائي بطاطس دكستروز أجار بعد إعادة عزله من الأجزاء النباتية المحقونة صناعياً للتأكيد على أن الأعراض ناتجة عن الفطر المعزول *Sordaria fimicola*.

بلاستيك لرفع الرطوبة خلال 24 ساعة بعد عملية الحقن، وتمت متابعة ظهور الأعراض، وتسجيلها، وإعادة عزل الفطر من الأجزاء التي ظهرت عليها الأعراض.

اختبار القدرة الإراضية على شتول العرعر النامية طبيعياً: جمعت الشتول الحديثة، والسليمة، والتي لا تظهر عليها أي أعراض مرضية، والنامية تحت الظروف الطبيعية، وتمت زراعتها في أصص تحت الظروف الحقلية، كما هو موضح (بالشكل، 3 أ-أ)، طبقت عليها خطوات العدوى المذكورة في الفقرة السابقة.

تعريف الفطريات المعزولة: عرف الفطر اعتماداً على الصفات الشكلية لكل من شكل المستعمرات الفطرية، والقياسات للتراكيب الخضرية، والتكاثرية المأخوذة بواسطة المجهر الضوئي حيث صورت، وعُرفت الفطريات وفقاً (Broome, 2003; Cain & Groves, 1948; Cain, 1957).

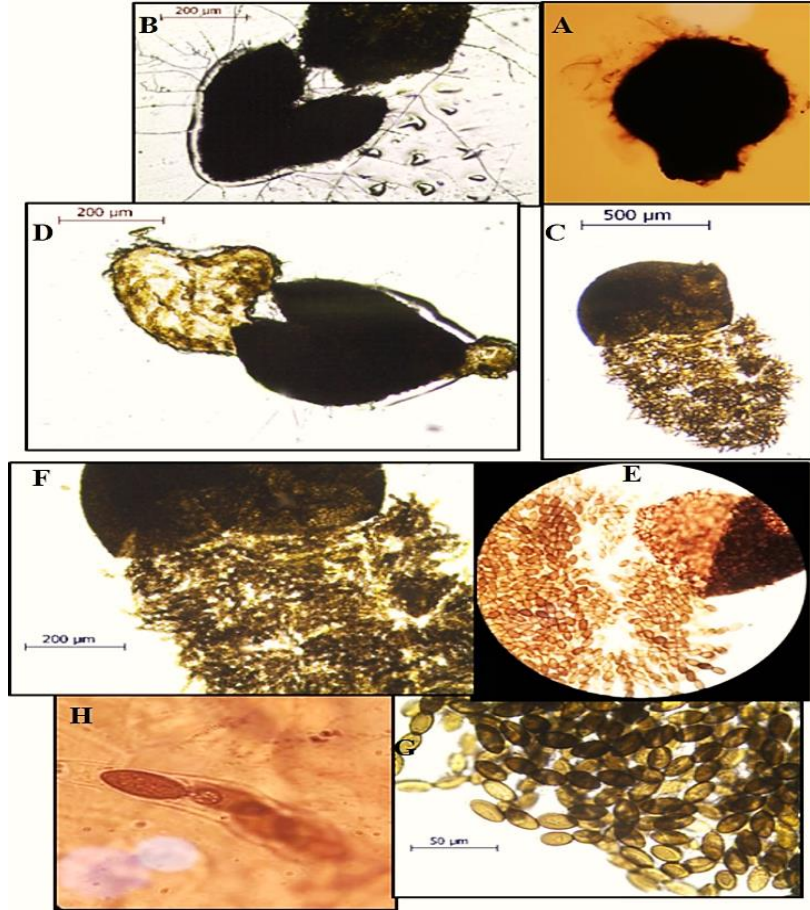
النتائج

أعراض المرض: سجلت الدراسة حالة التدهور في غابات العرعر الفينيقي *J. phoenicea* تمثلت في موت كلي، أو جزئي (شكل، 1)، واتسمت أعراض المرض بموت الأفرع تدريجياً من الأطراف باتجاه الساق (موتاً رجعياً) مصحوبة باصفرار الأوراق لتتحول للون البني، وتنتهي بتساقطها، وبقاء الأفرع بدون أوراق.

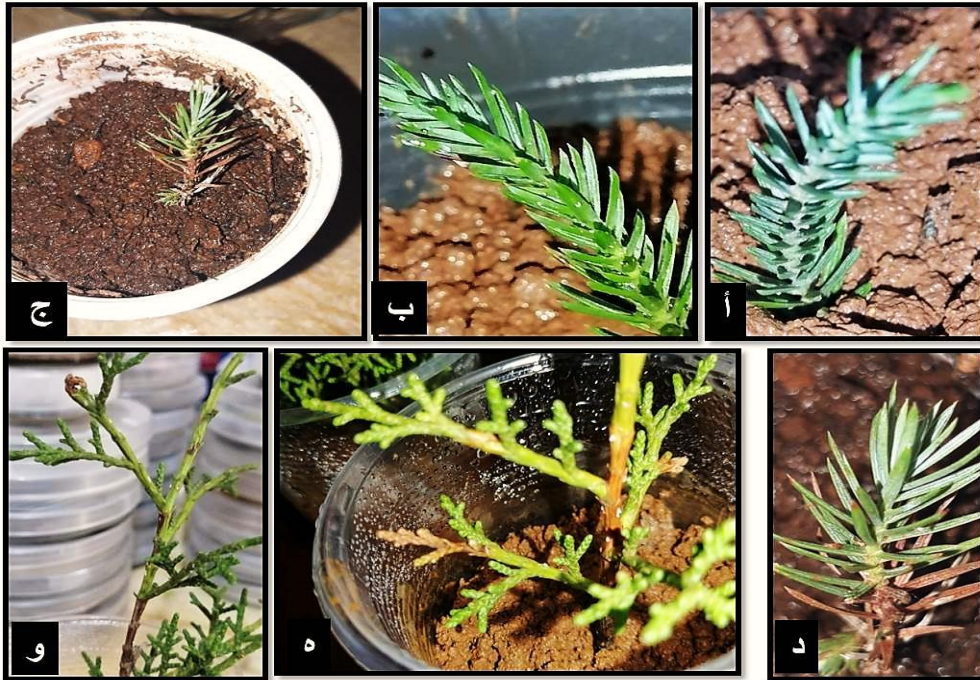


شكل: (1). أشجار العرعر و تظهر عليها أعراض التدهور

تشخيص الفطر فطر *Sordaria fimicola*: ينتج الفطر جسم ثمري داكن كمثري الشكل كما (بالشكل، B-A-2)،



شكل: (2). التراكيب التكاثرية للفطر *S. fimicola*: A-F: الجسم الثمري، H: كيس اسكي، G: الأبواغ



شكل: (3). نتائج اختبار القدرة الإمراضية لفطر *S. fimicola*، (أ-د: بادرات نامية طبيعيا. ه-و: أفرع حديقة مفصولة من نباتات سليمة)



شكل: (4). أعراض أوراق البادرات الملقحة بالفطر *S. fimicola*، أ: أفرع مصابة ، ب: أوراق مصابة ، ج: طبق بتري نامي فيه الفطر الممرض

نباتات الرتبة الصنوبرية، وهذا يؤكد على تعريف مسبب المرض تتفق هذه النتيجة مع ما ذكره (Ivanová, 2015)، وغزل الفطر من أشجار العرعر في أوروبا، والولايات المتحدة الأمريكية (Griffith & Boddy, 1988)، أيضا من أشجار العرعر الشائع في بيلاروسيا (Belomesyatseva, 2002).

ازدواجية الاهتمام: يوجد تضارب في المصالح.

مساهمات المؤلف: متساوية بين المؤلفين.

التمويل: لا يوجد تمويل لدعم هذه المخطوطة.

المراجع

شعيب، يونس حمد. (2009). تحسين جودة أحد مواقع غابات العرعر الفينيقي المتدهورة بالجبل الأخضر وطريقة لتحويل الغطاء الغابي، دراسة مقدمة لاستكمال متطلبات الإجازة العالية (الماجستير)، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

عارف، إبراهيم محمد، والجهنّي، لطفي إبراهيم. (2000). ماضي وحاضر الغابات الطبيعية الاصطناعية في المملكة العربية السعودية. مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية 18(1): 64-72.

لجنة دراسة و تقييم الغطاء النباتي الطبيعي بمنطقة الجبل

المناقشة

تبدأ الأعراض بتغير لون الأوراق للون البني، ثم تتساقط لتصبح الأفرع عارية، ثم تموت الأغصان أو الأفرع تدريجياً من الأطراف باتجاه الساق، ثم تموت الأشجار، يتفق هذا الوصف مع ما ذكره (شعيب، 2009).

وتتمثل مظاهر التدهور في غابات العرعر حالياً في ظهور مساحات كبيرة منها خالية من الأشجار، وظهور أعراض مرضية على الأشجار، وموت أعداد كبيرة منها قمياً، أو كلياً وضعف التجديد الطبيعي فيها (عارف والجهنّي، 2000).

وعند قياس الأجسام الثمرية كان متوسط طولها (9.77 ± 480.93) ميكرومتر، ومتوسط العرض (66.06 ± 441.285) ميكرومتر، وأن متوسط طول الجراثيم (1.98 ± 20.268) ميكرومتر، ومتوسط العرض (1.00 ± 11.454) ميكرومتر، أبعاد الأبوغ الكيسية للفطر *S. fimicola* 20×12 ميكرومتر يتفق مع (Fields, 1969)، كما يتفق وصف الفطر مع ما ذكره (Ivanová, 2015) فالفطر له مستعمرة *S. fimicola* على PDA، بعد أسبوع واحد من الحقن على الوسط الغذائي تكون هيفات الفطر خيوط شفافة، والجسم الثمري كثري الشكل، الجراثيم الأسكية الناضجة محاطة بغمد هلامي، أو جيلاتيني. أظهر اختبار القدرة الإراضية لهذا الفطر ظهور الأعراض على أوراق أشجار العرعر مماثلة لتلك التي سجل حدوثها طبيعياً على عدد من

- northern Ethiopia during the last 3000 years. *The Holocene*, 13(4), 537-546.
- Diamond, D. D., Rowell, G. A., & Keddy-Hector, D. P. (1995). Conservation of Ashe juniper (*Juniperus ashei* Buchholz) woodlands of the Central Texas Hill Country. *Natural Areas Journal*, 15(2), 189-202.
- Esper, J., Bosshard, A., Schweingruber, F. H., & Winiger, M. (1995). Tree-rings from the upper timberline in the Karakorum as climatic indicators for the last 1000 years. *Dendrochronologia*, 13, 79-88.
- Fields, W. (1969). An introduction to the genus *Sordaria*. *Fungal Genetics Reports*, 16(1), 3.
- Fisher, M. (1997). Decline in the juniper woodlands of Raydah Reserve in southwestern Saudi Arabia: a response to climate changes? *Global Ecology and Biogeography Letters*, 379-386.
- Fisher, M., & Gardner, A. S. (1995). The status and ecology of a *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpus* woodland in the northern mountains of Oman. *Vegetatio*, 119, 33-51.
- Griffith, G., & Boddy, L. (1988). Fungal communities in attached ash (*Fraxinus excelsior*) twigs. *Transactions of the British Mycological Society*, 91(4), 599-606.
- Ivanová, H. (2015). *Sordaria fimicola* (Ascomycota, sordariales) on acer palmatum. *Folia Oecologica*, 42(1), 67.
- IUCN, (2006). Red List of Threatened Species. [Online] Available from: <http://www.inucnredlist.org> Accessed 17 th August.
- الأخضر (2005). جامعة عمر المختار، مشروع الجبل الأخضر . التقرير النهائي.
- Adams, R. P., & Demeke, T. (1993). Systematic relationships in *Juniperus* based on random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). *Taxon*, 42(3), 553-571.
- Ahmed, M., Shaukat, S. S., & Buzdar, A. H. (1990). Population structure and dynamics of *Juniperus excelsa* in Balouchistan, Pakistan. *Journal of vegetation science*, 1(2), 271-276.
- Andrews, G. (1998). The use of trees and shrubs for livestock production. *Australian Biologist*, 11(2), 4.
- Belomesyatseva, D. (2002). The fungi in the consortium of common juniper in Belarus. *Mycena*, 2(1), 4-16.
- Broome, A. (2003). *Growing juniper: propagation and establishment practices*. Forestry Commission.
- Cain, R., & Groves, J. (1948). Notes on seed-borne fungi: VI. *Sordaria*. *Canadian Journal of Research*, 26(5), 486-495.
- Cain, R. F. (1957). Studies of coprophilous Ascomycetes: VI. Species from the Hudson Bay area. *Canadian Journal of Botany*, 35(3), 255-268.
- Carroll, G. (1988). Fungal endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology*, 69(1), 2-9.
- Clifton, S. J., Ward, L. K., & Ranner, D. S. (1997). The status of juniper *Juniperus communis* L. in northeast England. *Biological conservation*, 79(1), 67-77.
- Darbyshire, I., Lamb, H., & Umer, M. (2003). Forest clearance and regrowth in

Miskell, J. (2000). *An Ecological and Resource Utilisation Assessment of Gacaan Libaax, Somaliland*. IUCN Eastern Africa Regional Office.

Weber, D., Bunderson, E., Davis, J., Nelson, D., & Hreha, A. (1999). Diseases and Environmental factors of the pinyon-juniper communities. Proceedings: Ecology and Management of Pinyon-Juniper Communities within the Interior West,

Wilkins, T., & Duckworth, J. C. (2011). *Breaking new ground for juniper: a management handbook for lowland England*. Plantlife.



Isolation and Identification of the Pathogen of Apple Scab disease Jabal Al Akhdar Area, Libya

Nwara A. Mohamed*, Majduldeen F. Albarani and Mohammed A. Saeed

Department of Plant protection, Faculty of Agriculture, Omar Al- Mukhtar University, Libya

ARTICLE HISTORY

Received:
9 March 2022

Accepted:
4 June 2023

Keywords:
Apple scab disease, *Venturia inaequalis*, Libya.

Abstract: This study aimed to identify the cause of apple scab disease, which affects apple trees in the Al-Jabal Al-Akhdar region – Libya, and was conducted during the 2018-2019 season. Several samples were collected from the apple variety (Red delicious), and the causal organism was isolated and purified. The results of the study of the general morphological and cultural characteristics of the pathogen proved that the cause of the disease is the fungus *Venturia inaequalis*, which produced typical symptoms of apple scab on leaves and seedlings of the same variety.

عزل وتعريف مسبب مرض جرب التفاح بمنطقة الجبل الأخضر في ليبيا

الكلمات المفتاحية :
جرب التفاح،
Venturia inaequalis،
ليبيا.

المستخلص : أجريت هذه الدراسة على مرض الجرب الذي يصيب أشجار التفاح بمنطقة الجبل الأخضر في ليبيا خلال الموسم 2018 - 2019، حيث جمعت عينات عديدة ممثلة لهذا المرض من صنف التفاح (Red delicious)، وتم عزل وتنقية المسبب المرضي، وأشارت نتائج دراسة الصفات العامة الشكلية والمزرعية إلى أن مسبب المرض كان الفطر *Venturia inaequalis*، الذي نجح في إحداث الأعراض النموذجية للجرب عند عدوى أوراق، وشتول من التفاح للصنف ذاته.

المقدمة

تعد أشجار التفاح (*Malus domestica*) من محاصيل الفاكهة المهمة في عديد من بلدان البحر المتوسط، وليبيا من ضمن الدول المنتجة لهذا المحصول، حيث بلغ متوسط الإنتاج 57.96 ألف طن في الفترة ما بين 2015-2017، وبمساحة زراعية بلغت (1.12) ألف هكتار (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2018). تتعرض أشجار التفاح للإصابة بأمراض عديدة، ويعد مرض الجرب من الأمراض المسجلة على المحصول، والذي يسببه الفطر الأسكي (*Venturia inaequalis*) (Cooke & Winter, 1897)، حيث صنف هذا الجنس بواسطة Winterin عام 1880، ويمتاز بأن له

حالتين أولهما الترممية *Venturia inaequalis*، والحالة التطفلية في حالة الطور الناقص *Fusicladium dendriticum* (Wallr) (Day et al., 1956). إن أنواعاً من جنس *Fusicladium* تابعة للعائلة Venturiaceae والرتبة Venturiales (Hora Júnior, 2012)، لفطر *Fusicladium dendriticum* مواصفات تساعد في التعرف عليه كالحامل الكونيدي المسنن، كما يحتوي على حلقات في القمة، وهذه الحلقات تقوم بإطلاق الجراثيم الكونيدية وفقاً لوصف (Hohnel, 1923) الذي أكد على أن الفطر *Fusicladium dendriticum* (Wallroth) هو الاسم الآخر للفطر *Venturia inaequalis* (Cke.) Winter وينجم عن

* نواره علي محمد nwboshakoa@gmail.com قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

لتصنيف (Schubert et al., 2003) مع تحديد صفات المستعمرات، وشكل النمو الميسيليومي على سطح البيئة، ولون المسيليوم، والصبغة الناتجة في الوسط، والتي استخدمت جميعها في تعريف المسبب المرضي استناداً للمراجع المختصة (Doolotkeldieva & Bobusheva, 2017; Köhl et al., 2009; Schubert et al., 2003; Sivanesan & Waller, 1974).

اختبار القدرة الإراضية: أُجريت اختبارات القدرة الإراضية بعدوى أوراق سليمة لمفصولة، وعدد من ثمار التفاح صنف (Red delicious) بوضع قرص قطره 0.3 سم من النمو الفطري بعمر يوم، تم وضع الأوراق المفصولة الملقحة داخل أطباق زجاجية بينما وضعت الثمار تحت الناقوس الزجاجي المعقم، ووفقاً لطريقة (Bénaouf & Parisi, 1998; Ross, 1973) مع توفير الرطوبة وحفظها بالحضان.

و بالنسبة لاختبار المرضية على الشتول تم عدوى شتول تفاح السليمة صنف (Red delicious) بعمر عامين، بوضع قرص من نمو الفطر على السطح العلوي للورقة بواقع ورقة/شتلة مع توفير الرطوبة الملائمة، بتغطيتها بأكياس بلاستيكية لمدة 24 ساعة ثم نقلها إلى الصوبة الزجاجية (Masny, 2017).

النتائج والمناقشة

وصف الأعراض، وتعريف المسبب المرضي: ظهرت أعراض الجرب على التفاح في صورة بقع سوداء على كلا سطحي الورقة متفرقة، ومنتشرة كما في الشكل (1) ذات لون بني فاتح، وحواف داكنة مشوهة، أو تؤدي إلى التواءها، وتشوهها، وبالتالي سقوطها. وتتفق هذه الأعراض مع الأعراض التي وصفها (MacHardy, 1996; Sandskär, 2003) بأن الإصابة تظهر على الثمار بشكل تبقعات سوداء اللون، وذات ملمس فليني، كما يظهر بالشكل (1-ب) وهذا ما يتوافق مع دراسة (Belete & Boyraz, 2017) الذي ذكر أن البقع على الثمار تكون سوداء اللون مع تشوهات تؤدي إلى تغير شكل الثمرة، وتشوهها، الأمر الذي يعرضها للسقوط من على الشجرة، أما على الأغصان فقد كانت على شكل تقرحات سوداء اللون، و

الإصابة بمرض الجرب خسائر اقتصادية ضخمة للمزارعين سواءً نوعية، أو كمية في محصول التفاح عالمياً (Padder et al., 2013). ففي حالة الإصابة الشديدة تسقط الأوراق، والأوراق الحديثة هي الأكثر عرضة للإصابة من الكبيرة بالسن، كما يُسبب سقوط الأزهار، والثمار قبل اكتمال نموها (Doolotkeldieva & Bobusheva, 2017)، مما يقل الإنتاج، والقدرة التخزينية. تهدف هذه الدراسة إلى عزل المسبب المرضي، وتحديد أطواره، وإثبات علاقته بالأعراض المصاحبة للحالة المرضية.

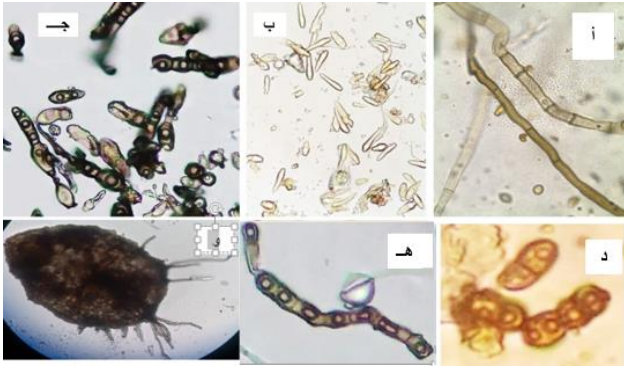
المواد وطرق البحث

وصف الأعراض: تم فحص الأوراق والثمار المصابة، ووصف الأعراض التي ظهرت عليها، وحفظها تحت ظروف رطوبة عالية لمدة 48 ساعة.

عزل مسبب المرض: عُزل مسبب المرض من العينات وفقاً لما ذكره (Doolotkeldieva & Bobusheva, 2017) بتعقيم الجزء المصاب بعد تقطيعه إلى أجزاء بمساحة 1 سم² بالمشروط، ووضعت القطع في هيبوكلوريت الصوديوم تركيز 4% لمدة دقيقتين، ثم غُسلت بالماء المعقم ثلاث مرات، وجففت بورق الترشيح، ونقلت بواقع قطع/طبق إلى أطباق الوسط الغذائي بطاطس دكستروز اجار (Potato Dextrose Agar (PDA) مع إضافة المضاد الحيوي streptomycin sulphate بنسبة 50µg/ml لمنع حدوث تلوث بكتيري. حضنت الأطباق في الحضان عند حرارة 18 °م، لمدة تراوحت بين 10 إلى 12 يوم.

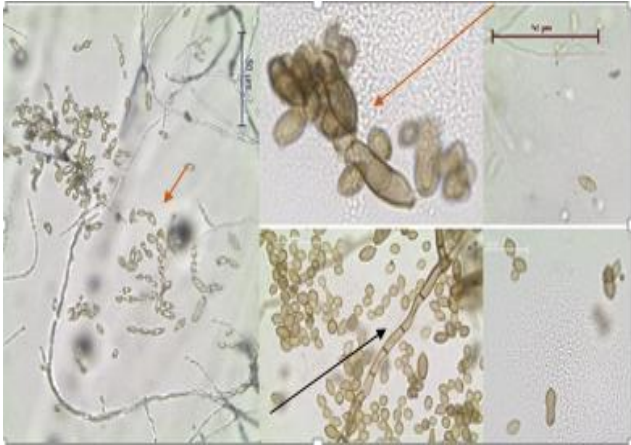
تنقية وتعريف المسبب المرضي: تمت عملية التنقية باستخدام طريقة القمة الهيفية (hyphal tip) بأخذ جزء من النهايات الهيفية من المستعمرات النامية للفطر تحت المجهر الضوئي وفقاً لـ (Stanis & Jones, 1984)، ونقلها إلى أطباق الوسط الغذائي PDA.

بعد الحصول على مستعمرة الفطر، فُحصت التراكيب بواسطة المجهر الضوئي؛ لتعريفه اعتماداً على الخصائص الشكلية، والمجهرية من خلال وصف التراكيب الخضرية، والتكاثرية وفقاً



شكل (2) تراكيب الفطر *V. inaequalis* المعزول من الثمار (أ) ميسيليوم، (ب) جراثيم كونيدية، (ج، د) جراثيم أسكية، (هـ) أكياس أسكية، (و) جسم ثمرى من الأوراق.

في حين يوضح الشكل (3) تراكيب الفطر النامي على الوسط الغذائي (PDA) متمثلة في جراثيم كونيدية مختلفة الحجم، والميسيليوم المقسم، وجراثيم كونيدية كبيرة الحجم.



شكل (3). الجراثيم الكونيدية للفطر المعزول على بيئة تشابك دوغس اجار (السهام الأحمر الطويل: الجراثيم الكبيرة الحجم، السهم القصير: الجراثيم صغيرة الحجم، ، السهم الأسود : الميسيليوم)

وفي الجدول (1) سجل سمك الميسيليوم الذي بلغ 2.4 μ ، وطول جراثيم كونيدية الكبيرة الحجم بقياس 13 μ ، ويعرض 5 μ ، وكانت هذه القياسات مقارنة لدراسة (Sivanesan & Waller, 1974)، وقياسات الجراثيم الأسكية كانت 12-15 ميكرومتر وعرض 6-8 ميكرومتر، تظهر الأوكياس الأسكية، وقياساتها تقدر بـ 40 ميكرومتر متوسط للطول، وبمتوسط عرض 3.94 ميكرومتر، والتي كانت قياساتها 40.43 μ ، ويعرض 3.94 μ ،

تتفق هذه الأعراض مع ما ذكره (Khajuria et al., 2012) بأن الأعراض على الأفرع تكون على شكل تقرحات بلون أسود تظهر عليها أحياناً أجسام ثمرية كما في الشكل (1-ج) بينما تم الحصول على أجسام ثمرية من على الأوراق المتساقطة بأرض المزرعة كما في الشكل (1-د) وهذا ما يتوافق مع (Gladieux et al., 2011) الذي أشار بأن الفطر الممرض يكون الأجسام الثمرية على سطح الأوراق المتساقطة، ويقضي بها فترة السكون .



أ. أوراق تفاح (بيضاء) ب. ثمار تفاح (سحبات) ج. أفرع تفاح (سحبات) د. أوراق متساقطة (سحبات)

شكل (1): أعراض مرض جرب التفاح على المجموع الخضري لنبات التفاح (أوراق وثمار وأفرع والأوراق المتساقطة). السهم الأبيض يوضح مكان وجود الأجسام الثمرية على شكل نقاط سوداء.

تعريف المسبب المرضي: أظهرت نتائج الفحص تحت المجهر المبينة في الشكل (2-أ) حيث ظهرت تراكيب الفطر مشاهدة ميسيليوم مقسم، وجراثيم متباينة الأحجام، بالإضافة إلى الأوكياس الأسكية، والجسم الثمرى، وكانت الجراثيم الكبيرة مفردة ذات شكل يشبه لهب الشمعة، وملساء الشكل في الشكل (2-ب) أما في الشكل (2-ج، د) تظهر جراثيم أسكية، مقسمة في منتصفها، وهو ما يتفق مع (Sandskär, 2003) الذي أشار إلى أن الصفة المميزة للجراثيم الأسكية هي وجود خط يقسم الجرثومة الأسكية، وأن لونه أخضر زيتوني إلى داكن، بينما في الشكل (2-هـ) تظهر الأوكياس الأسكية، وفي الشكل (2-و) يظهر الجسم الثمرى المتحصل عليه من الأوراق المتساقطة، والذي يحتوي بداخله على الجراثيم الأسكية التي بداخل الأوكياس، ويكل كيس 8 جراثيم أسكية، وتتفق مع دراسة (Sivanesan & Waller, 1974) التي ذكرت أن الأوكياس الأسكية تحتوي على عدد 8 جراثيم مقسمة أسكية داخل الجسم الثمرى.



شكل (4). نتائج القدرة الإراضية بالفطر المعزول على الأوراق المفصولة والثمار والشتول

استنتاج

تم في هذه الدراسة تعريف مسبب مرض جرب التفاح بناء على خصائصه الشكلية، والحصول على تراكيبه التكاثرية، والخضرية، وتحديد أعراضه المميزة. وقد تم تعريف الفطر المسبب للمرض

المراجع

المنظمة العربية للتنمية الزراعية، (2018). إحصائيات إنتاج المحاصيل بالدول العربية. المجلد 38، القسم الثالث، جدول 110.

Belete, T., & Boyraz, N. (2017). Critical review on apple scab (*Venturia inaequalis*) biology, epidemiology, economic importance, management and defense mechanisms to the causal agent. *J. Plant Physiol. Pathol*, 5(2), 2 .

Bénaouf, G., & Parisi, L. (1998). (Characterization of *Venturia inaequalis* pathogenicity on leaf discs of apple trees. *European journal of plant pathology*, 104(8), 785-793 .

Day, P., Boone, D., & Keitt, G. (1956). *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. XI. The chromosome number. *American Journal of Botany*, 835-838 .

Doolotkeldieva, T., & Bobusheva, S. (2017). Scab disease caused by *Venturia inaequalis* on apple trees in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease. *Advances in Microbiology*, 7(06), 450 .

وكانت هذه القياسات مقارنة لدراسة (Sivanesan & Waller, 1974) التي أشارت إلى أن قياسات الكونيدات تتراوح من 12-15 ميكرومتر في الطول، ويعرض 6-8 ميكرومتر.

جدول (1). قياسات وصفات الفطر *Venturia inaequalis*

قياسات التراكيب الخضرية والتكاثرية للفطر المعزول من الثمار		التراكيب
متوسط عرض الجراثيم StDv ±	متوسط طول الجراثيم StDv ±	
0.51 ± 4.93	0.77 ± 13.12	جراثيم كبيرة الحجم
0.93 ± 4.48	0.74 ± 9.48	جراثيم متوسطة الحجم
0.31 ± 3.68	0.67 ± 6.99	جراثيم صغيرة الحجم
0.29 ± 3.94	3.39 ± 40.43	الأكياس الأسكية الكبيرة
0.24 ± 3.35	4.86 ± 19.92	الأكياس الأسكية الصغيرة
	0.72 ± 2.433	الميسليوم
قياسات التراكيب الخضرية والتكاثرية للفطر النامية على بيئة PDA		التراكيب
متوسط عرض الجراثيم StDv ±	متوسط طول الجراثيم StDv ±	
504. ± 0.50	5 ± 10.962.0	جراثيم كبيرة الحجم
64.2 ± 30.7	47.9 ± 0.67	جراثيم متوسطة الحجم
3.67 ± 0.51	5.99 ± 0.21	جراثيم صغيرة الحجم
	3.105 ± 0.43	الميسليوم

اختبار القدرة الإراضية: عند إجراء دراسة القدرة الإراضية ظهرت الأعراض على شكل بقع على الأوراق المفصولة المعدى بالفطر المعزول (شكل 4)، ولوحظ ظهور البقع على أوراق الشتول، وعلى ثمار التفاح التي تمت معاملتها بالفطر كما هو موضح بالشكل (4)، وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (González et al., 2006)، الذي قام بإجراء القدرة الإراضية على الثمار والأوراق. وطبقاً لما ورد عند وصف أعراض المرض التي تمت ملاحظتها على الأجزاء النباتية المصابة طبيعياً، والتي ظهرت عليها الأعراض بعد الحقن بالفطر ظهر تطابق مع أعراض مرض جرب التفاح، والتي وصفها كل من (Doolotkeldieva & Bobusheva, 2017; Khajuria et al., 2014; Ziems, 2009).

- American Phytopathological Society (APS Press).
- Masny, S. (2017). Occurrence of *Venturia inaequalis* races in Poland able to overcome specific apple scab resistance genes. *European journal of plant pathology*, 147, 313-323 .
- Padder, B. A., Sofi, T. A., Ahmad, M., Shah, M. U. D., Hamid, A., Saleem, S., & Ahanger, F. A. (2013). Virulence and Molecular Diversity of *Venturia inaequalis* in Commercial Apple Growing Regions in Kashmir. *Journal of Phytopathology*, 161(4), 271-279 .
- Ross, R. (1973). Suppression of perithecium formation in *Venturia inaequalis* by seasonal sprays of benomyl and thiophanate-methyl. *Canadian Journal of Plant Science*, 53(3), 601-602 .
- Sandskär, B. (2003). *Apple scab (Venturia inaequalis) and pests in organic orchards* (Vol. 378).
- Schubert, K., Rischel, A., & Braun, U. (2003). A monograph of *Fusicladium* s. lat.(hyphomycetes). *Schlechtendalia*, 9, 1-132 .
- Sivanesan, A., & Waller, J. (1974). *Venturia inaequalis*. [Descriptions of Fungi and Bacteria]. *Descriptions of Fungi and Bacteria*(41), Sheet 401 .
- Stanis, V., & Jones, A. (1984). Genetics of benomyl resistance in *Venturia inaequalis* from North and South America, Europe, and New Zealand. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 6(4), 283-290 .
- Ziems, A. (2009). Cedar-apple and related rusts of apple and ornamentals. University of Nebraska–Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. NebGuide. G1907.
- Cooke, G. Winter, (1897). *Venturia inaequalis*. *Hedwigia* 36: 81.
- Gladieux, P., Guérin, F., Giraud, T., Caffier, V., Lemaire, C., Parisi, L., Didelot, F., & Le Cam, B. (2011). Emergence of novel fungal pathogens by ecological speciation: importance of the reduced viability of immigrants. *Molecular ecology*, 20(21), 4521-4532 .
- González, E., Sutton, T. B., & Correll, J. C. (2006). Clarification of the etiology of Glomerella leaf spot and bitter rot of apple caused by *Colletotrichum* spp. based on morphology and genetic, molecular, and pathogenicity tests. *Phytopathology*, 96(9), 982-992 .
- Hohnel, F. v. (1923). Fragmente zur Mykologie. XXV. Mitteilung, Nr. 1215 bis 1225. Sitz.-ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. KX, I, 132, 89-118 .
- Hora Júnior, B. T. d. (2012). Molecular phylogeny and population genetics of *Microcyclus ulei*, causal agent of the south american leaf blight of *Hevea brasiliensis* .
- Khajuria, Y., Kaul, S., & Dhar, M. (2012). Molecular characterization of *Venturia inaequalis* causing apple scab in Kashmir. *Open Access Scientific Reports*, 1, 339 .
- Khajuria, Y. P., Kaul, S., Wafai, B., & Dhar, M. K. (2014). Screening of apple germplasm of Kashmir Himalayas for scab resistance genes .
- Köhl, J. J., Molhoek, W. W., Groenenboom-de Haas, B. B., & Goossen-van de Geijn, H. H. (2009). Selection and orchard testing of antagonists suppressing conidial production by the apple scab pathogen *Venturia inaequalis*. *European journal of plant pathology*, 123, 401-414 .
- MacHardy, W. E. (1996). *Apple scab: biology, epidemiology, and management*.



Reference Evapotranspiration Mapping of Libya

Ali Alagab Ikhnefir^{1*}, Hafid M. Y. Bubareek² and Fouad M. H Balomi³

¹Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya
²Department of Agriculture Engineering, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University
 Libya. ³Department of Water, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya

<p>ARTICLE HISTORY</p> <p>Received: 18 March 2022</p> <p>Accepted: 14 May 2023</p> <p>Keywords: Reference evapotranspiration mapping; NASA agency; spatial interpolation.</p>	<p>Abstract: Estimation of evapotranspiration play an essential role in water resource management. Therefore, understanding the spatial and temporal variation pattern of reference evapotranspiration (ET_0) is crucial for the proper management of water resources and prioritization of their use. This study was conducted to obtain maps showing the reference evapotranspiration values for the area confined between latitudes 19.45° and 33.16° north, and longitudes 9.4° and 25.15° east, which includes the entire area of Libya. Reference Evapotranspiration values were estimated using the Omar Al-Mukhtar University OMU-ET model.1.0.0 based on climate data for the period from 1990 to 2020, represented by (temperature, relative humidity, wind speed, and short-wave solar radiation), which were extracted from the NASA website (The Power Project) for the selected 288 locations. To produce the best digital map of ET_0 values and climate data, The spatial interpolation methods (IDW, Kriging, Spline) in Geographic Information Systems (GIS) software were compared using spatial statistical interpolation techniques (Mean Error ME and Square Root Mean Error RMSE), and the Spline method was adopted as the best method for interpolation mapping as it gave the smallest RMSE value and the lowest ME value if compared to the results of IDW and Kriging. The ET_0 results obtained from OMU-ET model.1.0.0 were used to prepare a computer model in Arabic and English using Microsoft Excel and the Visual Basic for Applications programming language, which was named ET_0 Libya. ET_0 Libya Provides ET_0 values monthly and annually for any point located within the area of Libya which requires only the location coordinates.</p>
---	---

تخطيط البخر نتج المرجعي في ليبيا

<p>الكلمات المفتاحية: تخطيط البخر نتج المرجعي؛ وكالة ناسا؛ الاستيفاء المكاني.</p>	<p>المستخلص: يلعب تقدير البخر نتج دوراً رئيسياً في إدارة الموارد المائية. لذا، فإن فهم نمط الاختلاف المكاني، والزمني للبخر نتج المرجعي (ET_0) أمر ضروري للإدارة الصحيحة للموارد المائية، وتحديد أولويات استعمالها. أجريت هذه الدراسة للحصول على خرائط تبين قيم البخر نتج المرجعي للمساحة المحصورة بين دائرتي عرض 19.45°، و 33.16° شمالاً، وخطي طول 9.4°، و 25.15° شرقاً، والتي تشمل كامل مساحة ليبيا. اختيرت إحداثيات 288 موقعاً ممثلةً بخطوط الطول وخطوط العرض لكل نقطة من هذه النقاط. قدر ET_0 باستخدام نموذج جامعة عمر المختار OMU-ET model.1.0.0 اعتماداً على البيانات المناخية للفترة من 1990 إلى 2020م، متمثلة في (درجات الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، والإشعاع الشمسي قصير الموجة)، والتي استخرجت من موقع وكالة ناسا (The Power Project). لإنتاج أفضل خارطة رقمية لقيم ET_0، والبيانات المناخية، تمت مقارنة طرق الاستيفاء المكاني (IDW, Kriging, Spline) في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) باستخدام تقنيات الاستكمال الإحصائي المكاني (متوسط الخطأ ME، وجذر متوسط الخطأ التربيعي RMSE)، وتم اعتماد طريقة Spline أفضل طريقة لرسم خرائط استيفاء؛ كونها أعطت أصغر قيمة RMSE، وأقل قيمة ME إذا ما قورنت بنتائج IDW، و Kriging. استخدمت نتائج ET_0 المتحصل عليها من OMU-ET model.1.0.0 في إعداد نموذج حاسوبي باللغتين العربية، والإنجليزية باستخدام برنامج مايكروسوفت إكسل، ولغة البرمجة فيجوال بيسك للتطبيقات (Visual Basic for Application)، والذي سمي بالبخر نتج المرجعي ليبيا (ET_0 Libya). يوفر ET_0 Libya قيم ET_0 الشهرية، والسنوية لأي نقطة تقع داخل مساحة ليبيا، والذي لا يتطلب سوى إحداثيات الموقع.</p>
--	---

* علي العقاب اخنفر: alikhnefir@gmail.com، قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.

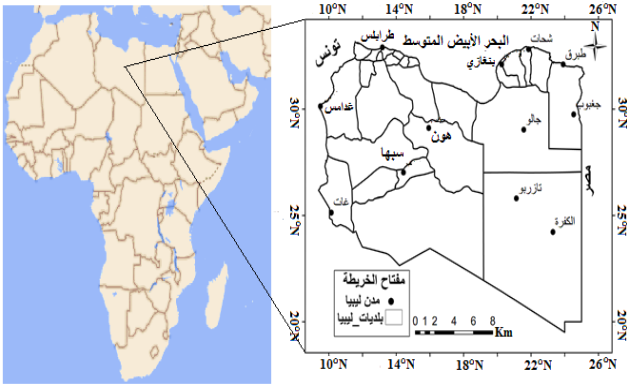
المقدمة

والزراعية، والبيئية (Huntington, 2006)، وإدارة الري، واتخاذ القرارات، وكذلك لتحليل المناخ (Blackie & Simpson, 1993; Kamali et al., 2015)، لا سيما لتقييم السيناريوهات، والظواهر الإقليمية المتعلقة بتغير المناخ مثل الجفاف، والفيضانات (GÜler, 2014).

إن رسم خرائط للبحر - نتح المرجعي على أساس مكاني، وزماني يمكن أن يساعد المختصين الزراعيين، والمؤسسات الزراعية، وصناع القرارات على تحديد أولويات استصلاح الأراضي الزراعية، وتسهيل عمليات التخطيط (El-Shirbeny & Abdellatif, 2017). أثبت العديد من الباحثين إمكانية التقنيات العالمية في رسم خرائط هطول الأمطار، ودرجات الحرارة (Gómez et al., 2008)، والبحر - نتح الحرارة (Vicente - Serrano et al., 2007). لذلك؛ هناك حاجة إلى معرفة أفضل بالتوزيع المكاني لهطول الأمطار، ودرجة الحرارة، والبحر نتح، لا سيما في المناطق ذات الاختلافات الكبيرة في التضاريس والارتفاع (Vicente - Serrano et al., 2007).

تشمل منطقة الدراسة كل مساحة ليبييا، وهي من المناطق الجافة، وشبه الجافة، حيث يكون توافر المياه قليل، وإدارة الموارد المائية مهمة ذات أولوية. بما أن المناطق الجنوبية معزولة عن الكتل الهوائية الرطبة، فإن التفاوت في كمية هطول الأمطار السنوي كبير؛ إذ يتراوح بين أقل من 10 مم في الجنوب، إلى أكثر من 600 مم في المناطق الجبلية الشمالية، حيث إنه يؤثر على مستويات تخزين المياه، ونمو الغطاء النباتي، وإنتاج المحاصيل. مع ذلك لم يركز على توفير اللبنة الأساسية للتخطيط لاستغلال الموارد المائية، والتي من أهمها الاحتياجات المائية، والقدرات التخيرية (البحر - نتح المرجعي ET_0) في كل مناطق ليبييا. لهذا السبب، يهدف هذا البحث إلى توفير قيم ET_0 بأحدث طرق الحساب، محسوبة وفق طريقة بنمان مونثيث (Allen et al., 1998) التي أجمع علماء المياه في منظمة الزراعة، والأغذية FAO

بعد تقدير البحر نتح المرجعي Reference evapotranspiration (ET_0) عاملاً أساسياً لتقدير كمية المياه اللازمة للإنتاج الزراعي الأمثل، و تستخدم تقديرات البحر نتح المرجعي في عملية التخطيط لمشاريع الري المستقبلية، وكذلك لإدارة توزيع المياه في المشاريع القائمة. وغالباً ما تستخدم ET_0 في تحديد المناطق المعرضة للجفاف، وهو مجال مهم للأبحاث المتعلقة بتغيرات المناخ (Croitoru et al., 2013)، كما تستخدم تقديرات ET_0 على نطاق واسع في هندسة الري لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية، ودعم جدولة الري، وإدارة الجفاف. يعتمد تقدير البحر نتح المرجعي أساساً على البيانات المناخية وظروف المنطقة كالارتفاع، والموقع الجغرافي، والقرب أو البعد عن البحر (Raziei & Pereira, 2013). يعرف البحر نتح المرجعي بأنه "معدل إزالة المياه من التربة، والسطح النباتي لمحصول مرجعي، والذي عادة ما يكون العشب، أو البرسيم تحت ظروف وفرة المياه (لا يعاني من نقص المياه)، وينبغي أن يتراوح ارتفاعه على الأقل من 8 - 15 سم. يعبر البحر - نتح المرجعي عن قوة التبخر للغلاف الجوي في موقع معين، و وقت من السنة، ولا يأخذ بعين الاعتبار خصائص المحاصيل، وعوامل التربة، ونتيجة لذلك، البحر - نتح المرجعي يمكن حسابه من بيانات الطقس (Doorenbos & Pruitt, 1977). تؤدي التغيرات المناخية من مكان إلى آخر، ومن سنة إلى أخرى، والتغيرات البيئية الأخرى إلى تغيرات في ET_0 . تعد معرفة التباين المكاني، والزمني للبحر نتح المرجعي أمر ضروري لإدارة الموارد المائية للإقليم بشكل أفضل (Raupach et al., 2009)، وتقييم ظاهرة الجفاف، والآثار البيئية المرتبطة بها (McVicar & Jupp, 1998)، وكذلك لفهم التفاعلات بين أسطح النباتات المختلفة، والغلاف الجوي لما له من تأثير مباشر على إنتاج المحاصيل (Keane et al., 2002). إن فهم التقلبات المكانية للبحر نتح المرجعي ضروري للعديد من النماذج الهيدرولوجية،



شكل (1): دولة ليبيا

المواد وطرق البحث

للحصول على نتائج للبخر نتح المرجعي تغطي جميع مساحة ليبيا للوصول إلى الهدف من الدراسة، قسمت المساحة الواقعة بين دائرتي عرض 19.45° ، و 33.16° شمالاً، وخطي طول 9.4° ، و 25.15° شرقاً إلى حوالي 288 موقعا بحيث يمثل كل موقع بنقطة تقاطع خط طول مع خط عرض ابتداء من أول نقطة قريبة من ساحل البحر الأبيض المتوسط، وذلك لتوضيح تأثير البحر على نتائج البخر نتح المرجعي مع الابتعاد عن الساحل كما موضح بالشكل (2). جدول (1) يوضح خطوط الطول، والعرض للمواقع التي اختيرت على خريطة ليبيا بالشكل (2).

نظراً لعدم وجود محطات أرصاد جوية تغطي جميع المواقع التي اختيرت للدراسة، فقد تحصلنا على البيانات المناخية اللازمة لحساب البخر نتح المرجعي من مشروع الطاقة التابع لمركز أبحاث لانغلي التابع لناسا (NASA Langley Research Center) الممول من خلال برنامج علوم الأرض/العلوم التطبيقية التابع لناسا <https://power.larc.nasa.gov/>. لحوالي 288 نقطة موزعة على كامل الأراضي الليبية كما هي موضحة على الخريطة بالشكل (2)، والجدول (1). إن صحة هذه البيانات أثبتتها وتحققت منها العديد من الدراسات كما في دراسة (Abouelkhair et al., 2019) الذين قاموا بتقييم بيانات

لجمعية المهندسين المدنيين الأمريكية ASCE على دقتها، وصلاحياتها لكل المناخات (Allen et al., 1998; Jensen et al., 1990). حيث أمكن الاستفادة من تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط شهرية، وسنوية لهطول الأمطار، ودرجات الحرارة، والبخر - نتح المرجعي مستفيدين من توظيف أحدث التقنيات، والبرمجيات الحديثة، وما توفرت من بيانات مناخية في مواقع الإدارة الوطنية للملاحة الجوية، والفضاء NASA.

توفر وكالة ناسا مشروع التنبؤ بمصادر الطاقة العالمية The Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) الممول من خلال برنامج العلوم التطبيقية التابع لوكالة ناسا ضمن قسم علوم الأرض التابع لمديرية المهام العلمية (التي حلت محل كل من مكتب علوم الأرض ومكتب علوم الفضاء) والذي يخدم وكالة ناسا، والمجتمع من خلال توسيع تحقيق الفوائد الاجتماعية، والاقتصادية من علوم الأرض، والمعلومات، وتكنولوجيا البحث والتطوير، وتسريعها. بدأ مشروع التنبؤ بموارد الطاقة العالمية (POWER) لتحسين مجموعة بيانات الطاقة المتجددة الحالية، وإنشاء مجموعات بيانات جديدة من أنظمة الأقمار الصناعية الجديدة. يستهدف مشروع POWER ثلاثة مجتمعات مستخدمين: (1) الطاقة المتجددة، (2) المباني المستدامة، و (3) علم المناخ الزراعي.

منطقة الدراسة: تقع ليبيا في شمال إفريقيا على ساحل البحر الأبيض المتوسط، وتشمل مساحة جغرافية تقدر بحوالي 1759,54 كم²، تقع بين خطي 20 درجة إلى 34 درجة شمالاً، و 10 درجات إلى 25 درجة شرقاً. حوالي 90.8 % من المساحة تصنف بأنها شديدة الجفاف؛ 7.4 % جافة، 1.5 % شبه جافة، وحوالي 0.3 % تصنف على أنها شبه رطبة (Ben-Mahmoud, 1993)؛ مع المنطقة شبه الرطبة الواقعة في شمال شرق ليبيا بالقرب من مدينتي شحات والبيضاء. الطبوغرافيا عمومًا خالية من التضاريس شديدة الانحدار، باستثناء الشمال الغربي، والشمال الشرقي (AI-Haram, 1995).

تتمتع بيانات NASA POWER بميزة التغطية المكانية (لكل موقع مفرد ممثل بخطي الطول والعرض أو منطقة ممثلة بمساحة معينة)، والزمانية (للفترة الزمنية التي تبدأ من عام 1981، وحتى الوقت الحالي على أساس شهري، أو يومي، أو سنوي) على نطاق عالمي (Ruane et al., 2015)، وتوفر البيانات المناخية اللازمة لتقدير البخر النتح المرجعي المستخرجة من موقع وكالة ناسا <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>، و المستخدمة في الدراسة على مقياس شهري خلال الفترة (1990-2020) هي: متوسط درجات الحرارة (الدنيا، و القصى) (م⁰)، ومتوسط الرطوبة النسبية (%)، ومتوسط سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر (متر/الثانية)، والإشعاع الشمسي قصير الموجة Rs (ميجا جول/م².يوم).

تقدير البخر - نتح المرجعي
Reference
evapotranspiration (ET_o): يقدر ET_o باستخدام معادلة بنمان - مونتيت التي أوصت بها منظمة الأغذية، والزراعة في ورقة الري، والصرف رقم FAO56 وكذلك الموصى بها لحساب البخر نتح المرجعي في دليل وتقارير الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين حول الممارسة الهندسية رقم 70 "البخر نتح، و الاحتياجات المائية للري" التي كتبها (Jensen et al., 1990) من خلال جهود اللجنة حول عملية البخر نتح في الري، و الهيدرولوجيا لمجلس الري، والصرف التابع لمعهد مصادر الماء البيئية (EWRI) للجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) كأفضل طريقة للحساب، وتتطلب هذه المعادلة بيانات مناخية متمثلة في درجات الحرارة الصغرى والعظمى، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر، الإشعاع الشمسي. وتكتب المعادلة على النحو التالي:

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

ET_o: البخر - نتح المرجعي (مم/يوم)، Δ: ميل منحنى

NASA POWER لمتوسط درجات الحرارة (م⁰) الشهرية (الدنيا، والقصى، و المتوسطة)، ونقطة الندى (م⁰)، والرطوبة النسبية (%) مقارنة بالبيانات المرصودة في 20 محطة أرصاد جوية مصرية. أظهرت النتائج أن هناك علاقة ارتباط معنوية وجودة التوافق بين بيانات NASA POWER، والبيانات المرصودة. وكذلك دراسة (Tayyeh & Mohammed, 2023)، حيث قارنوا البيانات المرصودة في (9 محطات أرصاد جوية متفرقة عبر حوض نهر الفرات بالعراق، ببيانات NASA POWER للهطول اليومي، والشهري، والسنوي (مم)، ودرجات حرارة الهواء (م⁰) (القصى، والدنيا). أظهرت النتائج موثوقية جيدة لكل من منتجات NASA POWER، والبيانات المرصودة لجميع المعلومات، كما بينوا أن نتائج NASA POWER يمكن أن تكون فعالة في إنشاء مجموعات بيانات الطقس في غياب أو عدم إمكانية الوصول إلى بيانات محطة الطقس الأرضية. أيضاً دراسة (Monteiro et al., 2018) التي تهدف إلى اختبار مدى قوة قاعدة بيانات NASA / POWER من خلال مقارنتها مع سجلات شبكة محطات الطقس الأرضية البرازيلية (INMET) للفترة من 1997 إلى 2016 ولتحديد التأثيرات على محاكاة إنتاج قصب السكر، بينت نتائج دراستهم أن المؤشرات الإحصائية أعطت أداءً مرضياً لمتوسط درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة الهواء الدنيا والقصى، والإشعاع الشمسي، وساعات سطوع الشمس، والبخر نتح المرجعي. كما أثبتت نتائج دراستهم أنه يمكن استخدام بيانات NASA / POWER مصدراً للبيانات المناخية للأنشطة الزراعية بتقنة معقولة للمقاييس المكانية الإقليمية والوطنية. العديد من الدراسات أثبتت أنه بالإمكان الاعتماد على بيانات NASA POWER في حال نقص أدوات القياس، أو عدم وجود محطات إرساد أرضية تغطي كامل المساحة المدروسة مثل دراسة (Jed et al., 2022; Negm et al., 2018; Rodrigues & Braga, 2021a, 2021b; Valeriano et al., 2019; White et al., 2008; White et al., 2011).

النقاط، قد يتطلب وقتاً أطول عند استخدام نماذج حسابية أخرى، مقارنة بنموذج جامعة عمر المختار، الذي أتاح القدرة على كتابة كود برمجي لحساب البخر نتح المرجعي لعدد كبير من النقاط، وتنظيمها بالشكل المناسب.

خرائط قيم البخر نتح المرجعي والبيانات المناخية: توفر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) طرق استيفاء إحصائية مكانية Techniques Spatial Interpolation لمعالجة، وتحليل، ورسم الخرائط السطحية. الاستيفاء المكاني هو أداة في نظم المعلومات الجغرافية تخمن القِيم في المواقع التي لا تتوفر لها قيم مقاسة. يمكن تعريفه كإجراء لتقدير قيم الخصائص في المواقع غير المقاسة بناءً على مجموعة القيم المرصودة في المواقع المقاسة (Babu, 2016). بغض النظر عن تقنية الاستيفاء المستخدمة، فإن القيم المشتقة ليست سوى تقديرات لما يجب أن تكون عليه القيم الحقيقية في موقع معين. لذلك يمكن أن تولد طرق الاستيفاء المختلفة نتائج مختلفة في نفس المواقع. لكن دقة القيم المقدرة تختلف من كل طريقة بناءً على تضاريس المنطقة وتركيز وتوزيع محطات القياس. لذلك في هذه الدراسة تم تحليل بعض طرق الاستيفاء المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية والتحقق من دقتها بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها؛ لاختيار أدق طريقة لعمل استيفاء Interpolation بين قيم البخر نتح المرجعي الشهرية، والسنوية، وقيم البيانات المناخية الشهرية، وإنشاء مجموعة البيانات المستمرة التي يمكن أن تكون ممثلة على خريطة منطقة الدراسة بأكملها. وهذه الطرق مقلوب المسافة الموزونة (Inverse Distance Weighting (IDW)، وطريقة Spline، وطريقة كريكينج kriging، والتي تنقسم إلى Ordinary، و Sample.

المقاييس الإحصائية لمقارنة طرائق الاستكمال المكاني

1- متوسط الخطأ Mean error: يجب أن يكون قريب من الصفر.

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i) \quad (2)$$

ضغط البخار المشبع عند درجة الحرارة المعينة (كيلو باسكال /³م³)، γ : ثابت جهاز قياس الرطوبة النسبية (Psychrometer) (كيلو باسكال /³م³)، R_n : صافي طاقة الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميجا جول/م².يوم)، G : كثافة تدفق الحرارة في التربة (ميجا جول/م².يوم)، u_2 : متوسط سرعة الرياح لليوم بأكمله، عند ارتفاع 2 م فوق سطح الأرض (م/ث)، e_s : ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)، e_a : ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)، و $(e_a - e_s)$: نقص ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال).

نموذج جامعة عمر المختار OMU-ET model.1.0.0:

استخدم النموذج OMU-ET model.1.0.0 لإجراء الحسابات المتعلقة بالبخر نتح المرجعي، وهو برنامج حاسوبي أعد بلغة البرمجة فيجوال بيسك (Visual Basic 6)، وباستخدام برمجة قواعد البيانات، وكذلك بجداول البيانات إكسل وهذا البرنامج الحاسوبي يحتوي على عدد من النماذج الحسابية التي تستخدم في حساب البخر - نتح المرجعي اعتماداً على معادلة بنمان - مونتيت، حساب معامل المحصول المفرد طبقاً للمنهجية الواردة في ورقة الري والصرف FAO56، حساب الأمطار الفعالة باستخدام طريقة منظمة الأغذية، والزراعة، حساب احتياجات الغسيل، حساب الاحتياجات المائية للري (اخنيفر، وآخرون، 2018).

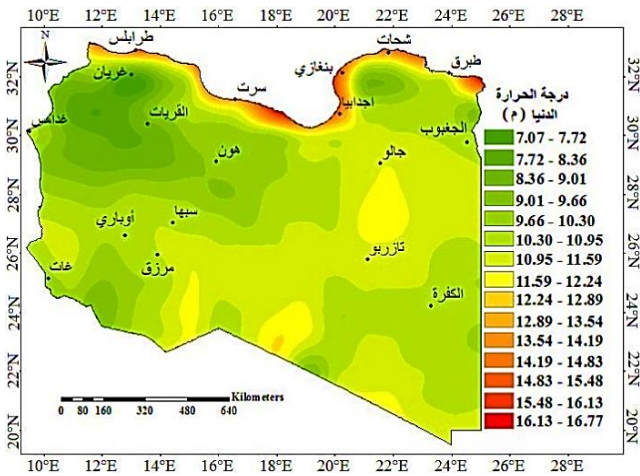
استخدم برنامج OMU-ET model.1.0.0 لاحتوائه على خيارات متعلقة بتوفير البيانات، فيمكن استخدام البيانات المتاحة من الرطوبة سواء الرطوبة المتوسطة، أو متوسط الرطوبة النسبية الدنيا، ومتوسط الرطوبة النسبية العظمى، كذلك استخدام عدد ساعات السطوع الشمسي، أو استخدام الإشعاع الشمسي قصير الموجة، والأهم من ذلك أن هذا البرنامج يحتوي على نموذج لحساب معاملات المحاصيل، ولا يعتمد القيم التقريبية لمعاملات المحاصيل، وهذا ما يميزه عن باقي البرامج المستخدمة في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل. كما أن حساب البخر نتح المرجعي لعدد كبير من

أدق من طريقة IDW، و Kriging كونها أعطت أصغر قيمة للجذر التربيعي لمتوسط الخطأ (K(RMSE) وأقل قيمة خطأ (ME)؛ لذلك اعتمدت طريقة Spline لرسم خرائط ETo والبيانات المناخية.

جدول (2): مقارنة طرق الاستيفاء المكاني.

	IDW	Kriging		Spline
		Sample	Ordinary	
Tmin				
ME	0.0900	0.0496	0.0195	0.0139
RMSE	0.9664	0.6550	0.8399	0.6305
Tmax				
ME	-0.112	-0.110	-0.026	-0.023
RMSE	0.9740	0.8998	0.7509	0.7043
RH				
ME	0.3061	0.5147	0.0723	0.0300
RMSE	1.5468	1.2627	1.0702	0.9418
Wind				
ME	0.0156	0.0168	0.0016	0.0039
RMSE	0.2322	0.2016	0.2258	0.1707
Rs				
ME	-0.011	-0.018	-0.0025	-0.001
RMSE	0.2037	0.1950	0.1867	0.1785
ETo				
ME	-12.93	-11.53	-3.32	-1.206
RMSE	126.50	94.86	90.58	79.21

خرائط تساوي قيم البيانات المناخية: الأشكال من 3 إلى 7 تظهر خرائط تساوي قيم المتوسطات السنوي للبيانات المناخية على كامل مساحة ليبيا.



شكل (3): خريطة تساوي قيم المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الدنيا (°م).

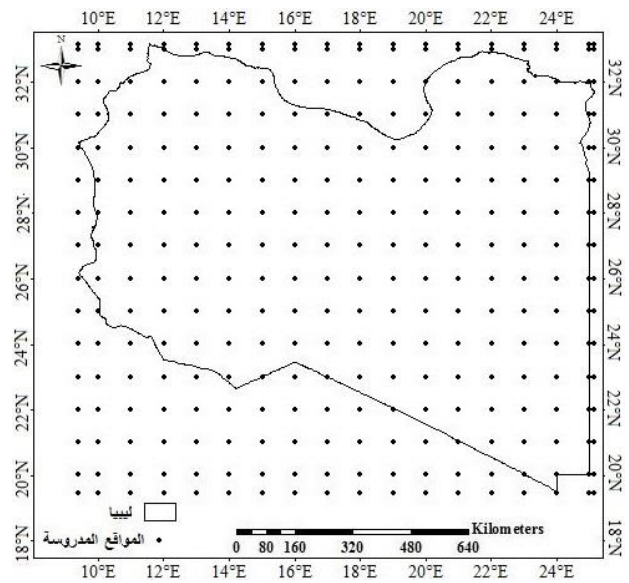
2- وجذر متوسط الخطأ التربيعي -Root-Mean-Square error: تزداد الدقة مع اقتراب قيمته إلى الصفر.

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

حيث i : القيمة المتوقعة. o_i : القيمة الحقيقية. n : عدد القيم.

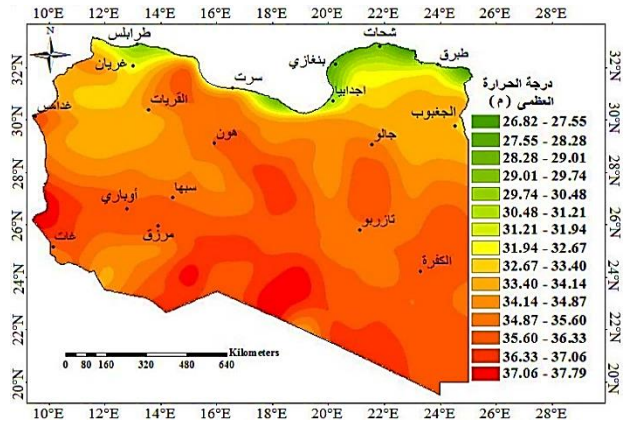
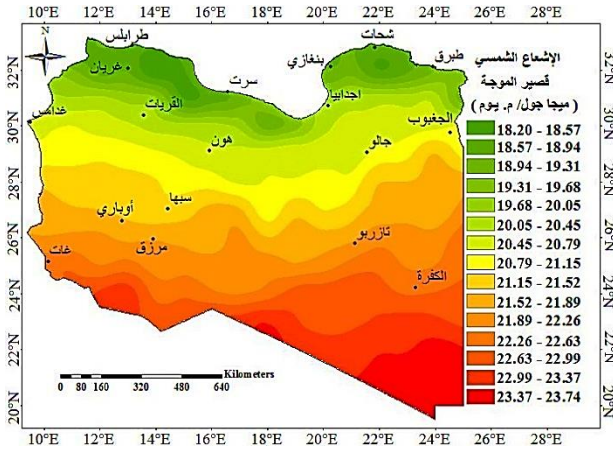
النتائج والمناقشة

نتائج تقسيم منطقة الدراسة



شكل (2): توزيع المواقع التي اختيرت للحصول منها على البيانات المناخية في ليبيا.

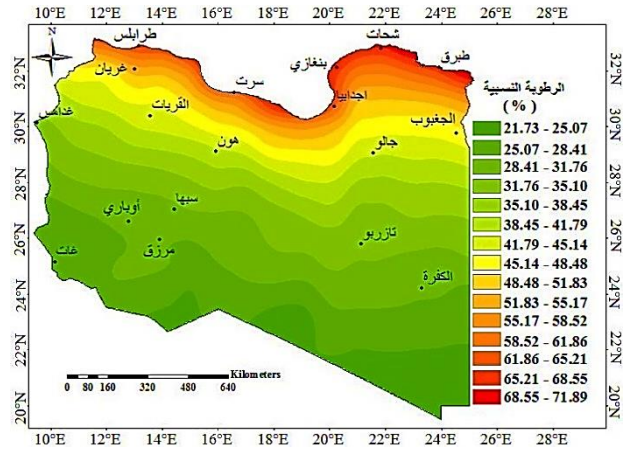
مقارنة طرق الاستيفاء المكاني: قورنت طرق الاستيفاء المكاني في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) باستخدام المقاييس الإحصائية لاختيار أدق طريقة لعمل استيفاء Interpolation بين المتوسطات السنوية لقيم البحر نتح المرجعي (ETo)، والمتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الدنيا (Tmin)، والقصوى K(Tmax) والرطوبة النسبية (RH)، وسرعة الرياح (Wind)، والإشعاع الشمسي قصير الموجة (Rs). تبين من خلال جدول (2) أن طريقة Spline



شكل (4): خريطة تساوي قيم المتوسط السنوي لدرجة الحرارة القصوى (°C).

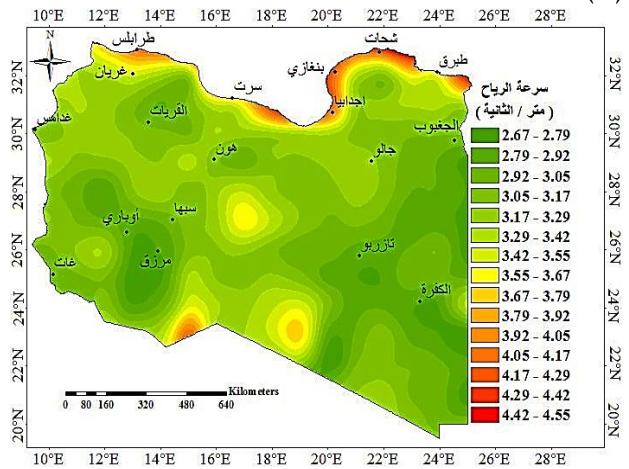
شكل (7): خريطة تساوي قيم المتوسطات للإشعاع الشمسي قصير الموجة (ميجا جول/م². اليوم).

خرائط تساوي قيم البحر نتج المرجعي الشهرية (ET₀) (ملم/الشهر): خرائط تساوي قيم ET₀ الشهرية الموضحة في الأشكال من 8 إلى 19 باستعمال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية من النتائج التي أظهرها نموذج جامعة عمر المناخية المشتقة من موقع وكالة ناسا (<https://power.larc.nasa.gov/>).

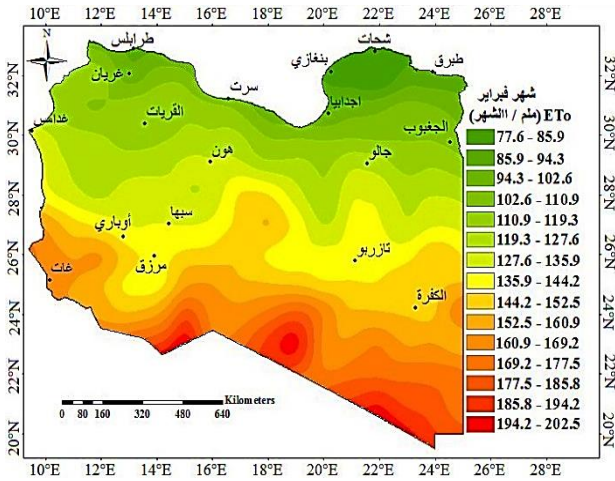


شكل (5): خريطة تساوي قيم المتوسط السنوي لمتوسط الرطوبة النسبية (%).

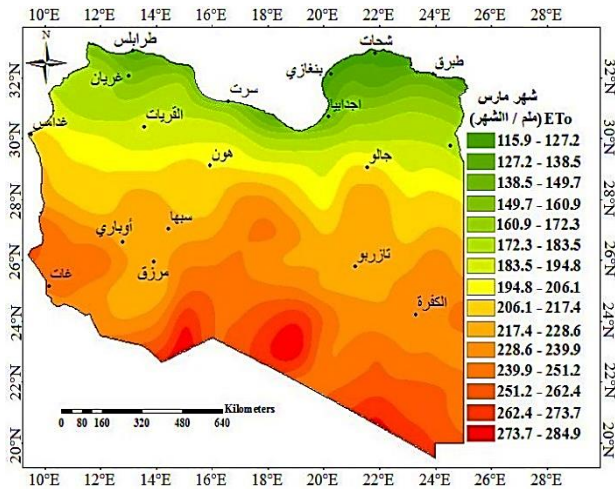
تمثل الخريطة التوزيعات المكانية للقيم الشهرية للبحر - نتج المرجعي، والتي تعكس التأثير المشترك لجميع العوامل المناخية الشهرية على قيم البحر - نتج. كما يمكن أيضاً ملاحظة أن التغيرات الشهرية لعوامل الأرصاد الجوية في مختلف مناطق ليبيا تسببت في الاختلافات المكانية، والزمانية لقيم البحر - نتج المرجعي. في جميع أشهر السنة كما يلاحظ تدرجا واضحا لقيم ET₀ مع الابتعاد عن المناطق الشمالية الساحلية، مما يشير إلى ارتفاع قيم ET₀ ابتداءً من شمال ليبيا إلى أن يصل إلى أعلى قيمة له في أقصى جنوب ليبيا، بسبب الدور المهيمن لارتفاع درجات الحرارة، وزيادة السطوع الشمسي، وانخفاض الرطوبة النسبية مع الابتعاد عن شمال ليبيا (البحر الأبيض المتوسط). إلا أن التباين المكاني للبحر - نتج المرجعي بين شمال وجنوب ليبيا كان منخفضاً في الأشهر الباردة (من شهر نوفمبر إلى شهر فبراير) وكان



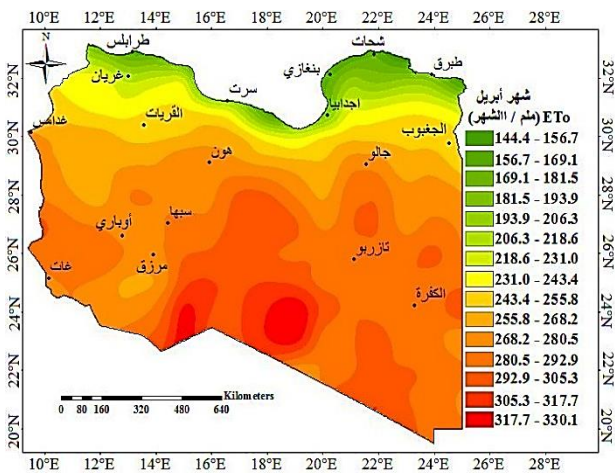
شكل (6): خريطة تساوي قيم المتوسط السنوي لسرعة الرياح على ارتفاع 2 متر (متر/الثانية).



شكل (9). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر فبراير.



شكل (10). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر مارس.

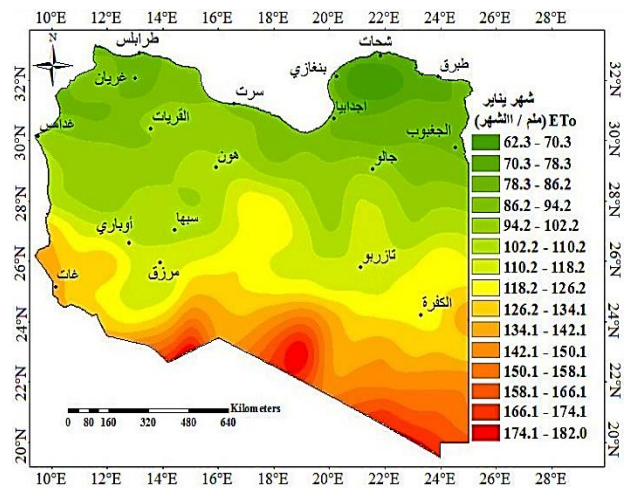


شكل (11). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر أبريل.

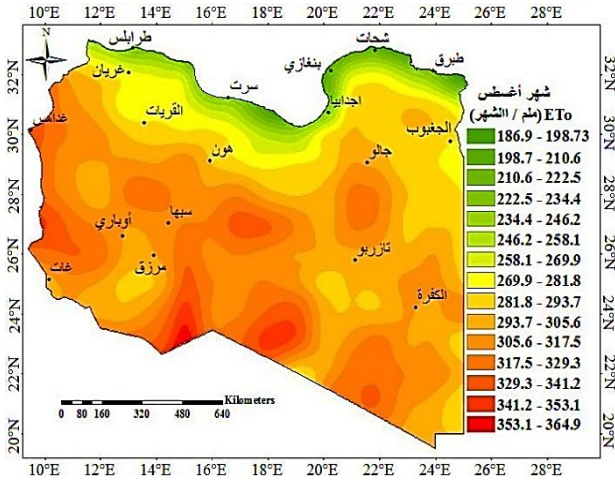
مرتفعاً في الأشهر الساخنة (من مايو إلى أغسطس)، وهذا بدوره سيؤدي إلى تباين في كميات المياه المستهلكة بواسطة المحاصيل الزراعية.

مثلاً لعدد من البلدان الأخرى في المنطقة، فإن الزراعة في ليبيا مقيدة بمحدودية الأراضي الصالحة للزراعة، وانخفاض خصوبة التربة. وبعد التصحر، وموارد المياه العذبة المحدودة أكبر تحد أمام التنمية الزراعية المستقبلية. تفيد خرائط قيم ET_0 الشهرية في تحديد الاحتياجات المائية الشهرية، والموسمية للمحاصيل الزراعية في أي منطقة زراعية في ليبيا؛ بعد تحديد الخصائص الرطوبة للتربة، وتحديد معاملات المحاصيل الزراعية (K_c) الشهرية. كما تساعد هذه الخرائط على فهم نمط التوزيع المكاني، والزمني للبخر - نتح المرجعي في ليبيا، ومعرفة إمكانية التخطيط لإنشاء مشاريع جديدة، أو التوسع في مشاريع قائمة، أو تحديد احتياجات المحاصيل حسب موعد زراعتها دون هدر، أو تقليل.

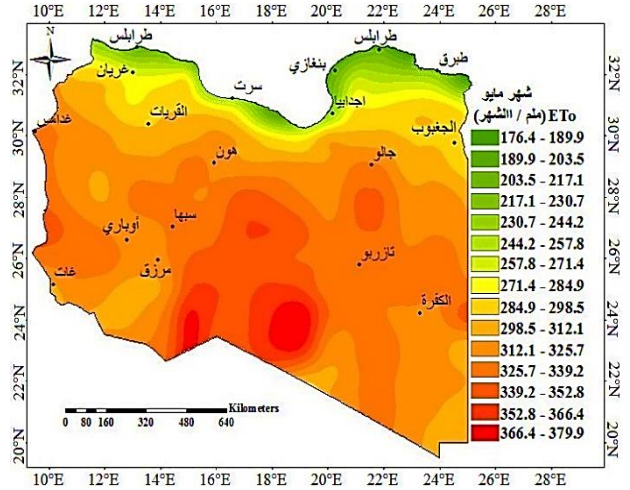
كذلك تسهل هذه الخرائط الحسابات المطولة للبحاث، وصناع القرار؛ لأنها توفر جميع قيم ET_0 ، والتي يمكن تحديد قيمته في أي نقطة، وأي زمان، ومكان من هذه الخرائط.



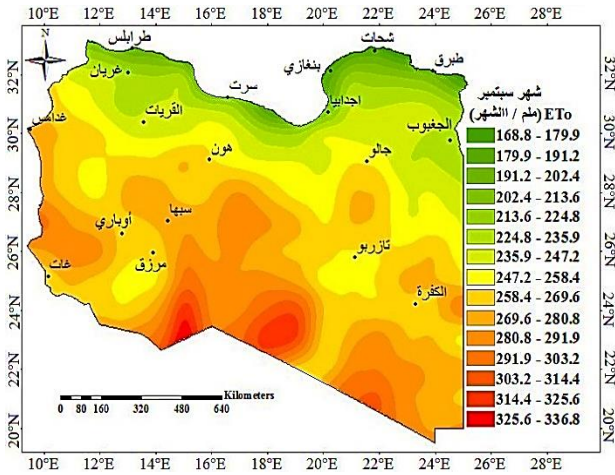
شكل (8). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر يناير.



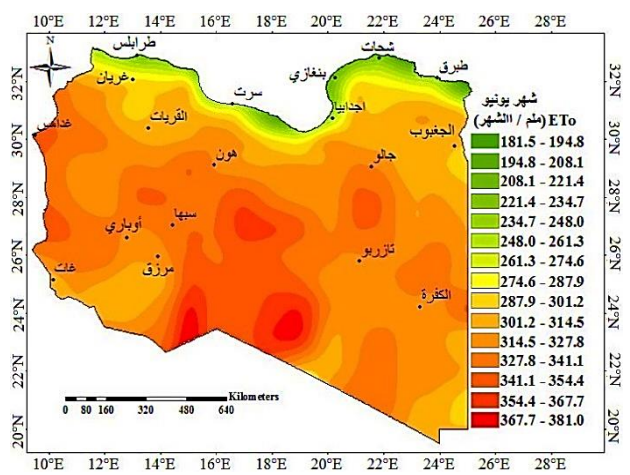
شكل (15). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر أغسطس.



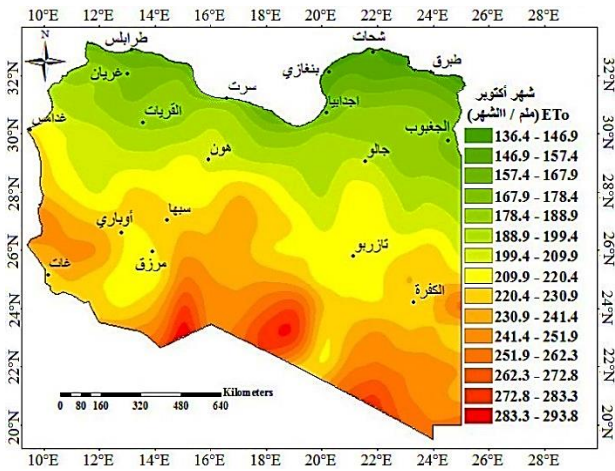
شكل (12). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر مايو.



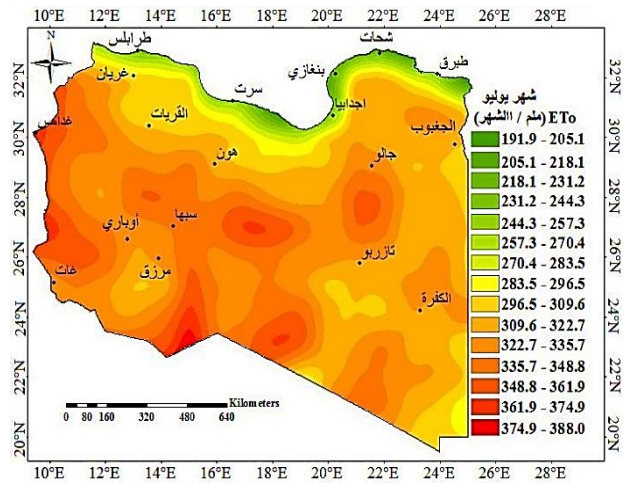
شكل (16). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر سبتمبر.



شكل (13). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر يونيو.



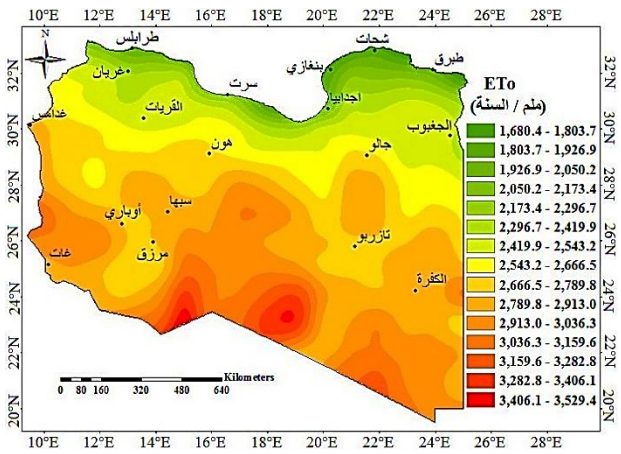
شكل (17). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر أكتوبر.



شكل (14). خريطة قيم البخر نتح المرجعي لشهر يوليو.

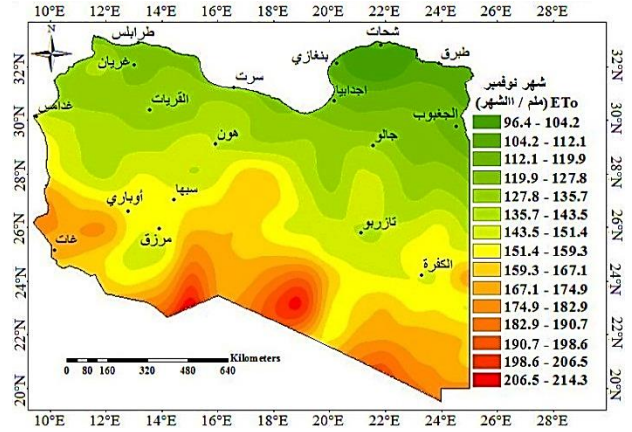
فإن منطقة جنوب ليبيا التي تتلقى كميات أقل من الأمطار تسجل أعلى قيم ET_0 . من ناحية أخرى، القيم العالية لدرجات الحرارة، وانخفاض نسبة الرطوبة النسبية في جنوب ليبيا تؤدي إلى ارتفاع قيم ET_0 .

توفر خرائط تساوي قيم ET_0 معلومات قيمة في تخطيط وإدارة موارد المياه في ليبيا. إن الجمع بين خرائط التوزيع المكاني، والزمني لقيم ET_0 مع التوزيع المكاني، والزمني لمتغيرات الأرصاد الجوية سيوفر خلفية مهمة لدراسات تغير المناخ في مناطق ليبيا. كما توفر هذه الخرائط بيانات مرجعية للدراسات المستقبلية بشأن حساب، وتصوير الاختلافات المكانية، والزمانية للبحر - نتح المرجعي بدقة، لتوفير قاعدة بيانات، ومدخلات مهمة للمشاريع القائمة؛ وتكون بمثابة بيانات مرجعية قيمة للدراسات الإقليمية، والنمذجة الهيدرولوجية، وتخطيط إدارة مشاريع الري، والموارد المائية.

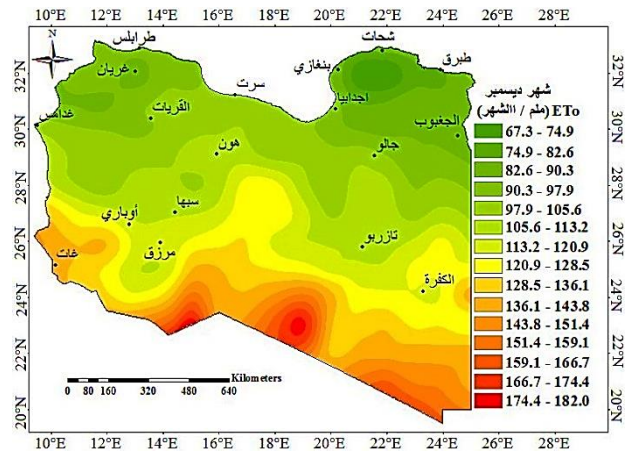


شكل (20): خريطة تساوي القيم السنوية للبحر - نتح المرجعي.

نموذج البحر نتح المرجعي لليبيا (ET_0 Libya): أعد نموذج حاسوبي باستخدام برنامج إكسل، ولغة برمجة الكمبيوتر المعروفة بفيجوال بيسك للتطبيقات Visual Basic for Applications، يوفر هذا البرنامج سهولة الحصول على قيم ET_0 الشهرية، والسنوية عند أي نقطة في ليبيا، والذي لا يتطلب سوى إحداثيات المنطقة (خطي الطول والعرض). يعرض النموذج قيم البحر نتح لكل شهر، وإجمالي



شكل (18): خريطة قيم البحر نتح المرجعي لشهر نوفمبر.



شكل (19): خريطة قيم البحر نتح المرجعي لشهر ديسمبر.

خريطة القيم السنوية للبحر - نتح المرجعي (ET_0 م/م/السنة): خريطة القيم السنوية الموضحة في الشكل (20) والتي تمثل التوزيعات المكانية للبحر نتح المرجعي السنوية، والتي تعكس التأثير المشترك لجميع العوامل المناخية السنوية. يختلف التبخر المرجعي من الناحية المكانية باختلاف البيانات المناخية من منطقة إلى أخرى، حيث يتراوح من 1680 في شمال ليبيا إلى 3529 م/م/السنة في أقصى جنوب ليبيا.

من وجهة نظر مكانية، يتبع توزيع ET_0 السنوي بشكل كبير نمط التوزيع المكاني لدرجة الحرارة القصوى والإشعاع الشمسي الموضحة بالأشكال (4، 7)، كما يتبع نمط التوزيع المكاني للرطوبة النسبية بالشكل (5) ولكن بترتيب عكسي. في الواقع،

استنتاج

يختلف البخر نتح المرجعي ET_0 الموسمي، والسنوي زمانياً، ومكانياً باختلاف البيانات المناخية من منطقة إلى أخرى. ويكون توزيع البخر نتح المرجعي على الخريطة متماثلاً، ومنطقياً، حيث يزداد تدريجياً مع الابتعاد عن ساحل البحر الأبيض المتوسط إلى أن يصل إلى أعلى قيمة له في أقصى جنوب ليبيا. تفيد خرائط تساوي قيم ET_0 الشهرية في تحديد الاحتياجات المائية الشهرية، والموسمية للمحاصيل الزراعية في أي منطقة زراعية في ليبيا، وأيضاً تساعد على فهم التوزيع المكاني، والزمني للبخر نتح المرجعي لاختيار أفضل السياسات الزراعية لإدارة المورد المائي النادر إدارة صحيحة، ومن خلال الرباط المرفق يمكن الحصول على قيم البخر نتح فقط بإدخال إحداثيات الموقع. والتي يمكن الحصول على احتياجات المحاصيل ET_C المختلفة بمعرفة معامل المحصول K_C لكل شهر وتاريخ زراعة المحصول وحصاده.

$$ET_C = K_C ET_0$$

ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: متساوية بين المؤلفين.

التمويل: هذه المخطوطة لم تتحصل على أي تمويل كان.

المراجع

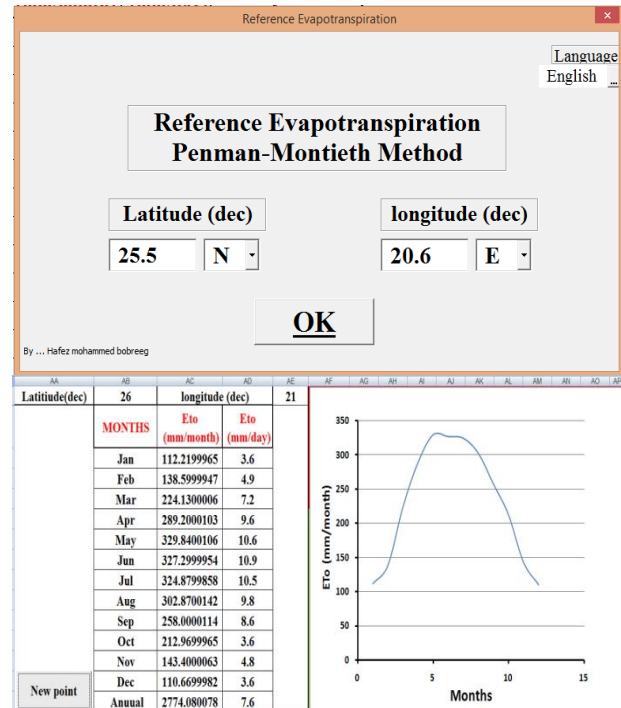
اخنيفر، علي العقاب، وبوبريق، حافظ محمد، و بلومي، فؤاد محمد، (2018). نموذج جامعة عمر المختار لحساب الاحتياجات المائية للري. المؤتمر العلمي الخامس للبيئة والتنمية المستدامة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (ICESD) - من 23-25 يوليو. 2018 - اجدابيا - ليبيا.

https://www.merefa2000.com/2019/09/blog-post_65.html

Aboelkhair, H., M. Morsy, and G. El Afandi, (2019): Assessment of agroclimatology

قيمة البخر نتح السنوي لتلك المنطقة مستندا على المعلومات المناخية المتوفرة من موقع ناسا، مع العلم بأن النموذج غير متصل بأي برامج خاصة بالمعلومات المناخية، بل يعطي نتائج ET_0 للموقع المطلوب بحساب أقرب نقطة من النقاط السالفة الذكر، والتي قدر لها ET_0 بواسطة نموذج عمر المختار لتقدير الاحتياجات المائية $OMU-ET$ model.1.0.0.

يحتوي النموذج على واجهة للمستخدم لإدخال إحداثيات الموقع المراد معرفة قيم البخر نتح المرجعي عنده، وتعرض النتائج داخل جدول في ورقة من أوراق مصنف إكسل، كما يعرض النموذج رسماً بيانياً للعلاقة بين الزمن، والبخر نتح المرجعي، مع ملاحظة أن النموذج يحتوي على اللغتين العربية، والإنجليزية حسب اختيار المستخدم.



شكل (21): صورة توضح عرض نتائج نموذج البخر - نتح المرجعي بإدخال الإحداثيات.

رابط النموذج:

https://drive.google.com/file/d/1ZlBqF50NW5vmCTwqO7Yp5m02k_UdCzCt/view?usp=share_link

- requirements. *Irrigation and Drainage Paper (FAO)* .(
- El-Shirbeny, M. A., & Abdellatif, B. (2017). Reference evapotranspiration borders maps of Egypt based on kriging spatial statistics method. *GEOMATE Journal*, 13(37), 1-8 .
- Gómez, J., Etchevers, J., Monterroso, A., Gay, C., Campo, J., & Martínez, M. (2008). Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmósfera*, 21(1), 35-56 .
- Güler, M. (2014). A comparison of different interpolation methods using the geographical information system for the production of reference evapotranspiration maps in Turkey. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 92(3), 227-240 .
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1-4), 83-95 .
- Jed, M., Ihaddadene, N., Jed, M. E. H., Ihaddadene, R., & El Bah, M. (2022). Validation of the Accuracy of NASA Solar Irradiation Data for Four African Regions. *Planning*, 17(1), 29-39 .
- Jensen, M. E., Burman, R. D., & Allen, R. G. (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 70. 332 pp .
- Kamali, M. I., Nazari, R., Faridhosseini, A., Ansari, H., & Eslamian, S. (2015). The determination of reference evapotranspiration for spatial distribution mapping using NASA POWER reanalysis datasets for temperature types and relative humidity at 2 m against ground observations over Egypt. *Advances in Space Research*, 64, 129–142, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.03.03>.
- Al-Haram, F. (1995). Topography and geomorphology. *Geography of Libya (ID) Al-Hadi Abo-Lohmah. Al-Dar Al-Jamahiriya LL-Nashir*, 101-120 .
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109 .
- Babu, B. S. (2016). Comparative Study on the Spatial Interpolation Techniques in GIS. *International. Journal of Scientific & Engineering Research*, 7, (2), February-2016 ISSN 2229-5518.
- Ben-Mahmoud, K. (1993). The Libyan soil; composition, classification, properties, and agricultural potential. *National Authority for Scientific Research, Benghazi, Libya*, 4 .7
- Blackie, J., & Simpson, T. (1993). Climatic variability within the Balquhiddy catchments and its effect on Penman potential evaporation. *Journal of Hydrology*, 145(3-4), 371-387 .
- Croitoru, A.-E., Piticar, A., Dragotă, C. S., & Burada, D. C. (2013). (Recent changes in reference evapotranspiration in Romania. *Global and Planetary Change*, 111, 127-136 .
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water

- Centre for Australian Weather and Climate Research Canberra, Australia .
- Raziei, T., & Pereira, L. S. (2013). Spatial variability analysis of reference evapotranspiration in Iran utilizing fine resolution gridded datasets. *Agricultural Water Management*, 126, 104-118 .
- Rodrigues, G. C., & Braga, R. P. (2021a). Estimation of daily reference evapotranspiration from NASA POWER reanalysis products in a hot summer mediterranean climate. *Agronomy*, 11(10), 2077 .
- Rodrigues, G. C., & Braga, R. P. (2021b). Evaluation of NASA POWER reanalysis products to estimate daily weather variables in a hot summer mediterranean climate. *Agronomy*, 11(6), 1207 .
- Ruane, A. C., Goldberg, R., & Chrystanthacopoulos, J. (2015). Climate forcing datasets for agricultural modeling: Merged products for gap-filling and historical climate series estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 200, 233-248 .
- Tayyeh H. K., & Mohammed, R. (2023). Analysis of NASA POWER reanalysis products to predict temperature and precipitation in Euphrates River basin. *Journal of Hydrology*, 619, 129327 .
- Valeriano, T. T. B., de Souza Rolim, G., Bispo, R. C., da Silva Cabral de Moraes, J. R., & Aparecido, L. E. d. O. (2019). Evaluation of air temperature and rainfall from ECMWF and NASA gridded data for southeastern Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 137, 1925-1938 .
- geostatistics. *Water Resources Management*, 29 .3940-3929 .
- Keane, R. E., Parsons, R. A., & Hessburg, P. F. (2002). Estimating historical range and variation of landscape patch dynamics: limitations of the simulation approach. *Ecological Modelling*, 151(1), 29-49 .
- McVicar, T. R., & Jupp, D. L. (1998). The current and potential operational uses of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review. *Agricultural systems*, 57(3), 399-468 .
- Monteiro, L. A., Sentelhas, P. C., & Pedra, G. U. (2018). Assessment of NASA/POWER satellite - based weather system for Brazilian conditions and its impact on sugarcane yield simulation. *International Journal of Climatology*, 38(3), 1571-1581 .
- Negm, A., Minacapilli, M., & Provenzano, G. (2018). Downscaling of American National Aeronautics and Space Administration (NASA) daily air temperature in Sicily, Italy, and effects on crop reference evapotranspiration. *Agricultural Water Management*, 209, 151-162 .
- Purnadurga, G., Kumar, T. L., Rao, K. K., Barbosa, H., & Mall, R. (2019). Evaluation of evapotranspiration estimates from observed and reanalysis data sets over Indian region. *International Journal of Climatology*, 39(15), 5791-5800 .
- Raupach, M. R., Briggs, P. R., Haverd, V., King, E. A., Paget, M. J., & Trudinger, C. M. (2009). *Australian water availability project (AWAP): CSIRO marine and atmospheric research component: final report for phase 3.*

- Vicente - Serrano, S. M., Lanjeri, S., & López - Moreno ،J. I. (2007). Comparison of different procedures to map reference evapotranspiration using geographical information systems and regression - based techniques. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(8), 1103-1 .118
- White, J. W., Hoogenboom, G., Stackhouse Jr, P. W., & Hoell, J. M. (2008). Evaluation of NASA satellite-and assimilation model-derived long-term daily temperature data over the continental US. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(10), 1574-1584 .
- White, J. W., Hoogenboom, G., Wilkens, P. W., Stackhouse Jr, P. W., & Hoel, J. M. (2011). Evaluation of satellite - based, modeled - derived daily solar radiation data for the continental United States. *Agronomy journal*, 103(4), 1242-1251 .



Study of Absorption Spectrum of Murexide Complex with Cobalt Ion in a Water and 2-Propanol Solvent Mixture

Salima Al-Seddik Al-Darwish¹, Khaled M. Elsherif^{2*}, Ahmed Zubi¹, Zainab Y. Alzalouk¹
and Rafallah M. Atiya¹

¹Department of Chemistry t, Faculty of Science, Misurata University, Libya

²Libyan Authority for Scientific Research, Tripoli, Libya

ARTICLE HISTORY	<p>Abstract: This study shows the use of a murexide indicator as a ligand for spectral estimation of Co (II). Murexide is a metallochromic indicator that has a 520nm wavelength absorption peak, and with its bond to cobalt binary ion, this peak shifts to a wavelength of 475 nm. Murexide complexes are poorly stable in aqueous solutions. The effect of using different ratios of (2-propanol: water) mixtures on the absorption spectrum of murexide as well as its complexes with the studied metal ion was investigated. The effect of some factors on the stability of the formed complex, such as time and pH, were studied at different solvent ratios and gradients in polarity of 2-propanol and water, which were: (2:8), (4:6), and (7:3). The stoichiometry, stability constant, and molar absorptivity were estimated using the continuous variations method for the murexide complex with Co (II) at the previous ratios and the results were as follows: 2:1, 1×10^{13}, $7664 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, 1:1, 1×10^6, $1938 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, 2:1, 1×10^{13}, $2422 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ for the ratios (2:8), (4:6), and (7:3), respectively. The spectral method for estimating the cobalt ion was evaluated at the ratio (7:3), by estimating the sensitivity, detection limits, quantification limits, and the linear range of the Pierre-Lambert law, where the obtained results were: 0.0948 ppm^{-1}, 0.0831 ppm, 0.277 ppm, $0.2-4 \text{ ppm}$, respectively. The effect of various concentrations of some interfering ions on the accuracy of the proposed spectroscopic method was also studied, and it was found that it decreases at high concentrations of these ions.</p>
Received: 3 August 2022	
Accepted: 22 May 2023	
Keywords: Cobalt Ion; Murexide; VIS Absorption Spectrum, Stability Constant.	

دراسة طيف امتصاص معقد الموركسيد مع أيون الكوبلت الثنائي في مذيب مختلط من الماء و 2-بروبانول

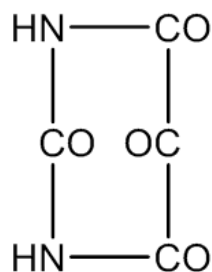
الكلمات المفتاحية : أيون الكوبلت؛ الموركسيد؛ طيف امتصاص الأشعة المرئية؛ ثابت الاستقرار.	<p>المستخلص : في هذا البحث تمت دراسة طيف الامتصاص في المنطقة المرئية لمعقد الموركسيد مع أيون الكوبلت الثنائي وفي مذيب مختلط من الماء و 2-بروبانول. الموركسيد دليل لوني له قمة امتصاص عند الطول الموجي 520 nm ، ومع ارتباطه بأيون الكوبلت الثنائي تزداد هذه القمة إلى الطول الموجي 475 nm. لمعقدات الموركسيد في المحاليل المائية استقرارية ضعيفة، لهذا تم دراسة تأثير استخدام نسب مختلفة من خليط (2-بروبانول: ماء) على طيف امتصاص الموركسيد وكذلك معقدته مع أيون الكوبلت الثنائي. تمت دراسة بعض العوامل المؤثرة على استقرارية المعقد المتكون ، وهي: الزمن، والرقم الهيدروجيني، عند نسب مختلفة، ومرتجة في القطبية من الماء و 2-بروبانول، حيث كانت: (2:8)، (4:6)، و (3:7). أيضاً، تم استخدام طريقة جوب من أجل تقدير نسبة الارتباط، وثابت الاستقرار، والامتصاصية المولارية لمعقد الموركسيد مع أيون الكوبلت الثنائي عند النسبة المذكورة. نسب الارتباط المولية في المعقد المتكون عند النسب (2:8)، (4:6)، و (3:7) كانت على التوالي : (1:2)، (1:1) و (1:2)، بينما كانت قيم ثوابت الاستقرار عند النسب (2:8)، (4:6)، و (3:7) هي على التوالي: 1×10^6، 1×10^{13}، 1×10^{13}، أما قيم الامتصاصية المولارية للمعقدات عند النسب السابقة فكانت: $1938 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$، $7664 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ و $2422 \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ على التوالي. أخيراً، تم تقييم استخدام الطريقة الطيفية لتقدير أيون الكوبلت عند النسبة (3:7)، من خلال حساب قيم الحساسية، حد الاكتشاف، حد التقدير، والمجال الخطي لقانون بير-لامبرت، حيث كانت النتائج المتحصل عليها 0.0948 ppm^{-1}، 0.0831 ppm، 0.277 ppm، $0.2 - 4 \text{ ppm}$ على التوالي. كذلك تم دراسة تأثير وجود تراكيز مختلفة لبعض الأيونات المتداخلة على مصادقية الطريقة الطيفية المقترحة، حيث وجد أن درجة المصادقية تقل عند التراكيز العالية لهذه الأيونات.</p>
---	---

المقدمة

منافسا كبيرا لأيون المتصلة على الارتباط مع أيون المعدن، وتزداد هذه المنافسة مع زيادة قطبية المذيب، فمن المتوقع أن يؤدي استخدام مذيبات ذات قطبية أقل من الماء إلى استقرار أكبر لمعقدات الموريكسيد (Shamsipur & Alizadeh, 1992). من جهة أخرى، يستخدم الموريكسيد في كل من الوسائط الحمضية، والقلوية، ولكن في المحاليل ذات الحمضية العالية، يكون الموريكسيد غير مستقر تماما، حيث إنه يخضع للتفكك ما يؤدي إلى إنتاج الألوكسان (شكل 2)، واليوراميل (شكل 3) (Ramaiah et al., 1956). لهذين السبين فإن محاليل الموريكسيد يجب أن تبقى ضمن نطاق الأس الهيدروجيني من 4.5 إلى 9.0 (Knoche & Rees, 1984).

استخدمت العديد من التقنيات الفيزيائية، والكيميائية من أجل دراسة استقرارية المعقدات في المحاليل المائية، وغير المائية، من بينها: الطرق الطيفية (Ravichandran et al., 2014)، والطرق الجهدية (Shivanand, 2014)، وطرق قياس التوصيلية (Rezayi et al., 2011)، والبولاروجرافي (Rounaghi et al., 2002)، وطرق قياس الفلورة (K. M. Elsherif et al., 2022; Ryan & Weber, 1982).

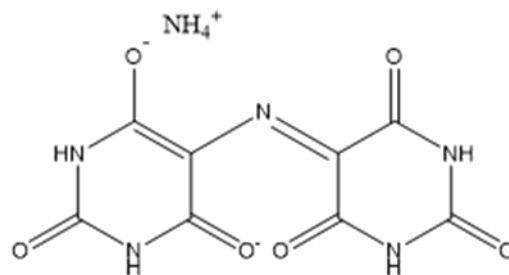
الهدف من هذا البحث، هو دراسة استقرارية معقد الكوبلت مع الموريكسيد في خليط ذو نسب مختلفة من الماء و-2-بروبانول (Elsherif et al., 2021). دراسة العوامل المؤثرة على استقرارية المعقدات مثل الزمن، والرقم الهيدروجيني. كما سيتم تقدير نسب الارتباط، وثوابت الاستقرار للمعقدات في النسب المدروسة.



شكل (2). الألوكسان

أيون الموريكسيد هو ملح الأمونيوم لحمض البوريك كما هو موضح بالشكل (1). مسحوق ملح الموريكسيد ذو لون أرجواني محمر، وهو قابل للذوبان في الماء، ولقد حظي الموريكسيد منذ فترة طويلة باهتمامات كبيرة في مجال الكيمياء التحليلية، بسبب تطبيقاته في مجالات التحليل الكيميائي التقليدي، والطيفي (Elsherif et al., 2023). الاسم النظامي للموريكسيد حسب منظمة الأيوباك:

Ammonium 2,6-dioxo-5-(2,4,6-trioxo-tetrahydropyrimidine-5-ylideneamino)-1,2,3,6-tetrahydro-pyrimidine-4-olate.



شكل (1). الصيغة البنائية للموريكسيد

استخدم الموريكسيد قديما، وحديثا بشكل واسع في معايير تكوين المعقدات، وفي وجود الـ EDTA عاملا مخلبيا، خصوصا في تقدير أيون الكالسيوم (Raafid et al., 2020). كما استخدم أيضا في تقدير أيونات Ni، Cu، Co، وبعض المعادن الأرضية النادرة (Wahba et al., 2017). الموريكسيد عرف قديما كذلك باستخدامه كاشطة فعالة لجذور الهيدروكسيل، والأكسيد الفائق (Erkey, 2011). مؤخرا تم الاتجاه نحو استخدامه دليلا لونيًا للتقدير الطيفي التقليدي لبعض المعادن (Hassine & Barhoumi, 2018). استخدام الموريكسيد في التقدير الطيفي ليس شائعا؛ وذلك لأن ثوابت الاستقرار لمعقدات الموريكسيد مع معظم أيونات المعادن ليست كبيرة جدًا في المحاليل المائية الأمر الذي قد يسبب بعض القيود في استخدام الموريكسيد دليلا لونيًا (K. Elsherif et al., 2022). في تفاعلات تكوين المعقدات. تعد جزيئات المذيب

المحلول بماء منزوع الأيونات حتى العلامة، للحصول على محلول بتركيز $5 \times 10^{-3} M$.

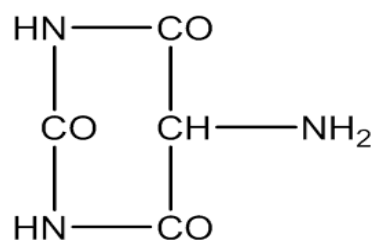
- محلول NaOH بتركيز 0.1 M، تم تحضيره بوزن 0.200 g من NaOH ثم إذابتها في دورق قياسي سعة 50 mL ثم أكمل الحجم بماء منزوع الأيونات إلى العلامة.

- محلول HCl تركيزه 0.1 M، تم تحضيره بتخفيف الحمض المركز، حيث أخذ حجم 0.493 mL من محلول الحمض المركز (37 %) بالماصة ونقل إلى دورق قياسي سعة 50 mL (يحتوي على قليل من ماء منزوع الأيونات) ثم أكمل الحجم بماء منزوع الأيونات إلى العلامة.

- محلول كلوريد الكوبلت المائي، تم تحضيره بتركيز $(5 \times 10^{-3} M)$ عن طريق إذابة وزن 0.0594 g من كلوريد الكوبلت المائي في دورق قياسي سعة 50 mL ثم أكمل الحجم بماء منزوع الأيونات إلى العلامة.

طيف الامتصاص لمعقد الموركسيد مع أيون الكوبلت الثنائي: في كأس سعته 50 mL تم إضافة 500 μL من محلول الموركسيد، ثم أضيف 25 mL من محلول المذيب المستخدم. تمت معايرة المحلول بإضافة 50 μL من محلول أيون الكوبلت في كل مرة مع تسجيل الطيف في المنطقة (250-700 nm) بعد كل إضافة، حتى ظهور قمة امتصاص المعقد وثباتها.

تأثير الأس الهيدروجيني (pH) على طيف امتصاص المعقد: تم تحضير عدة محاليل ذات تراكيز متساوية من المركب المعقد بإضافة محلول الموركسيد، وأيون الكوبلت المحضر سابقاً إلى 25 mL من خليط المذيب (2- بروبانول: ماء). تم تعديل قيم الأس الهيدروجيني باستخدام محلول من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.1 M للوسط الحامضي، وكذلك تم استخدام محلول من هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.1 M للوسط القاعدي، وبعدها تم تسجيل طيف امتصاص المعقد عند كل قيم الأس



شكل (3). اليوراميل

المواد وطرق البحث

الكواشف، و المذيبات المستخدمة:

جدول (1). الكواشف والمواد الكيميائية المستخدمة

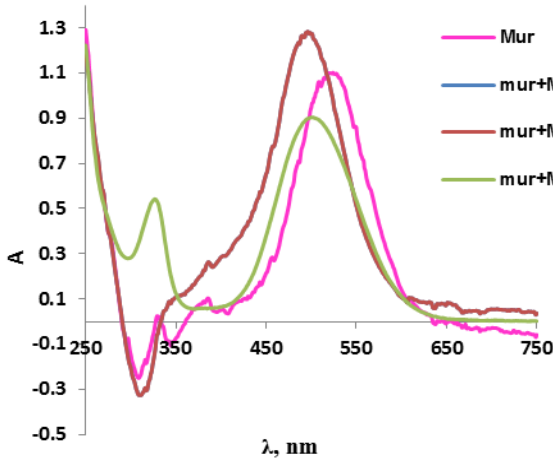
اسم المادة	نسبة النقاوة (%)	الدرجة	الشركة المصنعة
2-بروبانول C_3H_8O	99.8	ACS*, ISO** Reagents	Merck
موركسيد $C_8H_8N_6O_6$	98.0	ACS* Reagents	AFG Bioscience
كلوريد الكوبلت $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	99.0	ACS* Reagents	Merck
خلات الصوديوم CH_3COONa	99.0	ACS*, Reag. Ph Eur***	Merck
كلوريد البوتاسيوم KCl	99.0	ACS* Reagents	Merck
نترات الصوديوم $NaNO_3$	99.5	ACS*, ISO**, Reag. Ph Eur**	Merck
كبريتات الصوديوم Na_2SO_4	99.0	ACS*, ISO**, Reag. Ph Eur***	Merck
هيدروكسيد الصوديوم NaOH	97.0	ACS* Reagents	Merck
حمض الهيدروكلوريك HCl	-	ACS*, ISO**, Reag. Ph Eur***	Merck

المواد الكيميائية التي استخدمت في هذه الدراسة كانت ذات نقاوة بدرجة (ACS grade). وملح الكلوريد لأيون الكوبلت تم اختياره نظراً لسهولة إذابته ولمنع حدوث التداخلات الطيفية. المواد المستخدمة موضحة بالجدول (1).

تحضير محاليل المواد الكيميائية المستخدمة:

- محلول الموركسيد تم تحضيره بوزن (0.142 g)، ثم إذابتها في دورق قياسي سعة 100 mL. تم إكمال حجم

يمثل طيف امتصاص هذه المعقدات في المنطقة من 250-750 nm عند النسب المدروسة. يلاحظ من الشكل أن الموريسيد يمتلك قمة امتصاص عند الطول الموجي 521 nm، والتي تضمحل بتكوين المعقد، ويظهر بدلا منها قمة امتصاص جديدة. قمة امتصاص المعقد تظهر عند الطول الموجي: 475 (عند النسب 8:2، 6:4 و 3:7). أي أن قمة امتصاص الموريسيد حدثت لها إزاحة زرقاء نتيجة لتكون المعقد. يعود سبب هذه الإزاحة إلى حدوث تغير في مستويات الطاقة الخاصة بالموريسيد. فمستويات الطاقة n و π * سوف تتأثر بتكون المعقد، كذلك، عند تكوين المعقد تقل مساهمة الانتقالات $n \leftarrow \pi^*$ للموريسيد في قمة الامتصاص، (نتيجة لمنح الكترونات n في تكوين الرابطة التناسقية مع أيون الكوبلت)، بينما تزداد مساهمة الانتقالات $\pi \leftarrow \pi^*$. وهذا بدوره يؤدي إلى إزاحة قمة الامتصاص ناحية الطول الموجي الأقل (إزاحة زرقاء).



شكل (4). طيف امتصاص معقدات الموريسيد مع أيون Co(II) عند النسب المدروسة

دراسة تأثير تأثير الرقم الهيدروجيني على استقرارية معقدات الموريسيد مع أيون Co(II): الرقم الهيدروجيني من أهم العوامل المؤثرة على تكوين المركبات المعقدة؛ لأن كل المتصلات تعد إما أحماضا ضعيفة أو قواعد ضعيفة، يحدث لها تأين جزئي في محلولها اعتمادا على الرقم الهيدروجيني للوسط. إن مركب الموريسيد يصنف من الأحماض الضعيفة،

الهيدروجيني، ومن ثم تم تحديد القيمة المثلى لتكوين المعقد، والمطابقة لأعلى قيمة امتصاص.

تأثير الزمن على طيف امتصاص المعقدات: تم تحضير محلول المعقد، وذلك بإضافة الموريسيد وأيون الكوبلت إلى 25 mL من خليط المذيب (2-بروبانول: ماء) تم ضبط الرقم الهيدروجيني للمعقد عند القيمة المثلى، والمحددة مسبقا، ثم قياس امتصاص المعقد عند الطول الموجي المحدد له خلال فترة زمنية تمتد إلى 180 min.

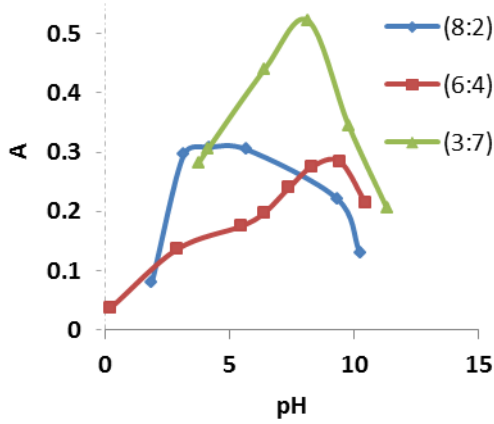
تعيين نسبة الارتباط باستخدام طريقة جوب: تم تحضير 9 محاليل باستخدام حجوم مختلفة من الموريسيد وأيون الكوبلت تركيز كل منها ($5 \times 10^{-3} M$)، بحيث كان عدد المولات الكلي في كل المحاليل متساويا. احتوت السلسلة على النسب الحجمية التالية من محلول الموريسيد: أيون الكوبلت: 9:1، 8:2، 7:3، 6:4، 5:5، 4:6، 3:7، 8:2، 1:9 (Elsherif et al., 2020)، أيضا، الحجم الكلي لكل المحاليل كان متساويا (25 mL)، ثم تم قياس امتصاص كل معقد عند الطول الموجي المحدد مسبقا. وتم رسم العلاقة بين الامتصاص مقابل الكسر المولي للموريسيد (Job, 1928).

تأثير بعض الأيونات المتداخلة على طيف امتصاص المعقدات: تمت دراسة تأثير زيادة تركيز بعض الأيونات المتداخلة على طيف امتصاص المعقد باستخدام محاليل كلوريد البوتاسيوم، خلات الصوديوم، نترات الصوديوم، وكبريتات الصوديوم بتركيزات مختلفة (0.01، 0.02، 0.05، 0.1، 0.2، 0.5 M)، بحيث يكون تركيز المعقد في المحاليل متساوي.

النتائج والمناقشة

طيف امتصاص معقد الموريسيد مع أيون الكوبلت الثنائي في المنطقة المرئية، وعند النسب (8:2)، (6:4)، و (3:7) من 2-بروبانول و الماء، على التوالي موضحة بالشكل 4.

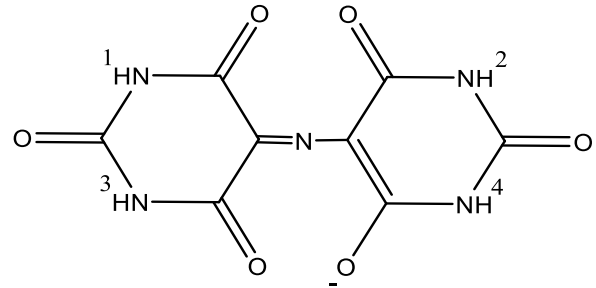
المعدن. كذلك فإن تركيز أيونات الهيدروكسيل يقل أيضا، مما يقلل من فرصة ترسب أيونات الكوبلت في الوسط القاعدي (K. M. Elsherif et al., 2022).



شكل (6). تأثير الرقم الهيدروجيني على استقرارية معقدات الموركسيد مع أيون المعدن

تأثير الزمن: الزمن من المتغيرات التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند دراسة المعقدات في محاليلها، حيث إن بعض المعقدات المعدنية ذات الاستقرارية الضعيفة يمكن أن تتفكك، وتضمحل مع مرور الزمن، كذلك البعض الآخر يحتاج لفترة أطول من الزمن حتى يصل إلى حالة الاتزان. من هنا جاءت أهمية دراسة تأثير الزمن على تكوين المعقدات. تم قياس امتصاص المعقدات كل 5 دقائق بعد إضافة المكونات، وحتى زمن 3 ساعات لمعرفة مدى ثبات هذه المعقدات في محاليلها، كما هو موضح بالشكل (7). تم رسم العلاقة بين امتصاص المعقد مقابل الزمن. يلاحظ من الأشكال البيانية المتحصل عليها، أن معقد الموركسيد مع أيون المعدن عند النسب المدروسة يتكون بسرعة (بعد الإضافة مباشرة)، وأنه لا يتفكك سريعا مع الوقت خلال الفترة الزمنية المدروسة. وهذا يدعم استخدام هذه المعقدات من أجل تقدير هذا الأيون الفلزي في محاليله.

حيث أنه يحتوي على 4 بروتونات، كما هو موضح بالشكل 5 (Gordon & Norwitz, 1972). كما يمتلك الموركسيد ثوابت تأين ضعيفة جدا ($pK_{a1} = 9.2$ $pK_{a2} = 10.9$)، حيث يفقد البروتون الأول، والثاني في وسط قاعدي قوي ($pH > 10$) (Kyrš & Sklucky, 1967). أما البروتونين الثالث، والرابع فيصعب قياسهما في المحاليل المائية؛ لأنها تحتاج إلى قواعد أقوى من الهيدروكسيد $[OH^-]$ (Mohran, 2009).



شكل (5). بروتونات مركب الموركسيد

أما الأوساط الحمضية القوية فإن الموركسيد يتفكك إلى اليوراميل، والألوكسان (كما تم توضيحه سابقا شكل 2 و3). من أجل دراسة تأثير pH على تكوين معقد الموركسيد-كوبلت، تم قياس امتصاص المعقد عند قيم pH مختلفة، حيث تم تعديل قيم pH باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك، وهيدروكسيد الصوديوم، ثم تم رسم العلاقة التي تربط بين قيم الامتصاص ضد الرقم الهيدروجيني كما هو موضح بالشكل (6). من الأشكال البيانية (المنحنيات الثلاثة)، يلاحظ التالي: انخفاض امتصاص المعقد عند قيمة pH المنخفضة ($pH > 2$)، وعند قيمة pH العالية ($pH < 9$)، عند النسبة (8:2)، انخفاض امتصاص المعقد عند قيمة pH المنخفضة ($pH > 3$)، وعند قيمة pH العالية ($pH < 9$)، عند النسبة (6:4) مع ملاحظة أن استقرارية المعقد قد قلت مقارنة بالنسبة (8:2) في الوسط الحمضي، أخيرا نجد أن نطاق استقرارية معقد Co^{+2} قد أصبح واسعا عند النسبة (7:3). يمكن تفسير ذلك بأنه مع زيادة نسبة 2- بروبانول في خليط المذيب فإن تركيز أيونات الهيدروجين يقل مما يقلل من منافستها للموركسيد على الارتباط بأيون

و بالتعويض عن الأصناف المتفاعلة باستخدام المعادلة (2):

$$K_s = \frac{(1-\alpha)C}{(\alpha C)(\alpha n C)^n} \quad (4)$$

فإذا كانت نسبة التفاعل (1:1) تكون المعادلة (4) كالتالي:

$$K_s = \frac{(1-\alpha)}{\alpha^2 C} \quad (5)$$

أما إذا كانت نسبة التفاعل (1:2) تكون المعادلة (4) كالتالي:

$$K_s = \frac{(1-\alpha)}{4\alpha^3 C^2} \quad (6)$$

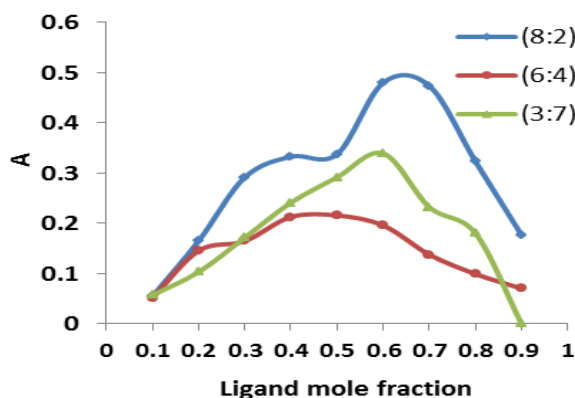
يمكن تقدير نسبة تفكك المعقد من خلال قيم الامتصاصيات: A_{max} و A_0 و A_α ، وهي تمثل: امتصاصية المعقد المتحصل عليها عمليا، امتصاصية المعقد حسابيا، و امتصاصية الجزء المتفكك من المعقد. حيث:

$$\alpha = \frac{A_\alpha}{\varepsilon b C} \quad (7)$$

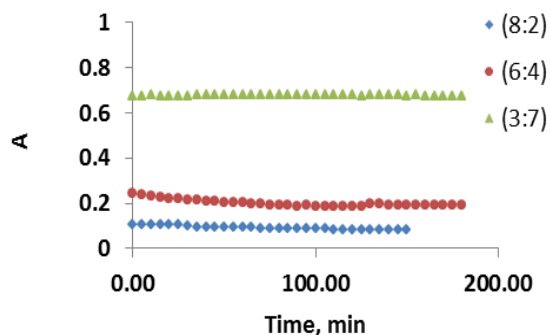
حيث ε هي قيمة الامتصاصية المولارية للمعقد المتكون. و يمكن حساب قيمة A_α من المعادلة:

$$A_\alpha = A_0 - A_{max} \quad (8)$$

من خلال هذه القيم، تم حساب قيم ثابت الاستقرار للمعقدات في النسب الثلاثة كما هي موضحة بالجدول (2).



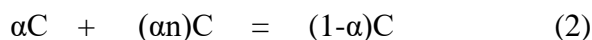
شكل (8). منحنى جوب لمعقد الموركسيد مع أيون المعدن عند النسب المدروسة



شكل (7). تأثير الزمن على استقرارية معقدات الموركسيد مع أيون المعدن

تقدير نسبة الارتباط (M:L) و ثابت الاستقرار (K_s): في هذا البحث تم تقدير نسبة الارتباط بين الموركسيد، وأيون الكوبلت في النسب المدروسة باستخدام الطريقة الطيفية (طريقة التغيرات المستمرة - طريقة جوب). في هذه الطريقة، يتم رسم المنحنى بين الكسر المولي (أو الحجمي) ضد الامتصاصية لمعقد الموركسيد مع $Co(II)$ كما هو موضح بالشكل (8). من خلال المنحنى يلاحظ أن المعقد تكون بنسبة (1:2) بين الموركسيد، وأيون الكوبلت عند النسب (8:2) و (3:7)، بينما تكون بنسبة (1:1) عند النسبة (6:4). أيضا تم حساب الامتصاصية المولارية من خلال رسم منحنى التعبير للمعقد في المجال الخطي لقانون بير - لامبرت (شكل 9). النتائج الخاصة بهذه الحسابات موضحة بالجدول 2.

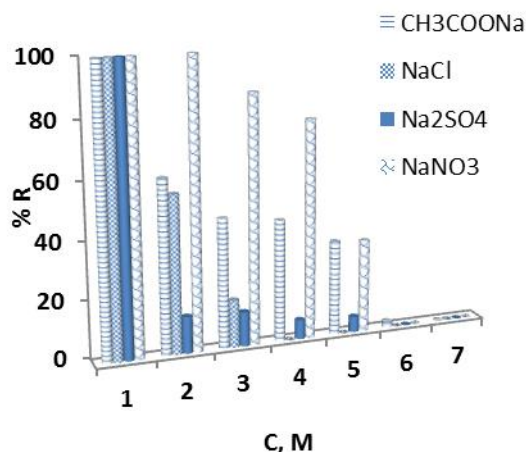
تم استخدام طريقة جوب (Job, 1928) من أجل تقدير ثابت الاستقرار (K_s) للمعقد، و بافتراض أن جزء من المعقد يتفكك، وأن نسبة التفكك (α)، فإذا كان تركيز المعقد المتكون (C)، يمكن كتابة معادلة تكون المعقد كالتالي:



و حيث إن ثابت الاستقرار يمكن حسابه باستخدام المعادلة:

$$K_s = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n} \quad (3)$$

على مصداقية طريقة التقدير المقترحة، تم استخدام تراكيز مختلفة من محلول خلات الصوديوم، كلوريد البوتاسيوم، نترات الصوديوم، كبريتات الصوديوم كما هو موضح في الشكل (10). يلاحظ من الشكل البياني، أنه بزيادة تراكيز هذه الأيونات تقل امتصاصية المعقد المدروس مما يؤثر على مصداقية الطرق المقترحة، حيث تصل نسبة التثبيط عند التراكيز العالية إلى 100%.



شكل (10). تأثير زيادة تركيز أيونات NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CH_3COO^- على طيف امتصاص معقد الموركسيد مع Co(II) عند النسبة (3:7)

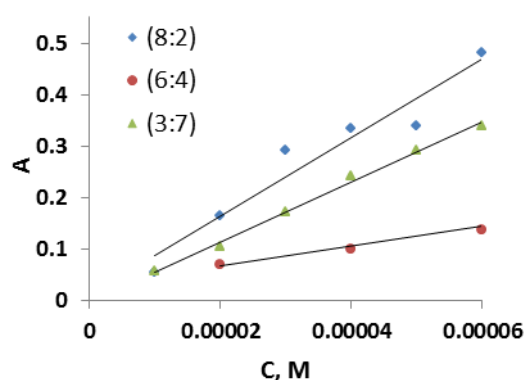
LOD – Limit of (الحساسية وحد الاكتشاف)

LOQ – Limit of (Detection) وحد التقدير

(Quantification) للطرق الطيفية المستخدمة: تم تقدير الحساسية عن طريق رسم العلاقة بين امتصاص الأشعة، والتركيز بوحدة الـ (ppm) لأيون الكوبلت الثنائي، إذ تمثل الحساسية ميل العلاقة الخطية بين امتصاص أيون الكوبلت، وتركيزه بوحدة (ppm) كما موضح في الشكل (11). يُظهر الشكل (11) كل من مدى تراكيز أيون المعدن التي ينطبق عليها قانون بير، ومعامل ارتباطها. كذلك تم تقدير كل من حد الاكتشاف، وحد التقدير للطريقة المقترحة النتائج المتحصل عليها موضحة في الجدول (3) باستخدام المعادلات التالية [12]:

$$\text{LOD} = \frac{(3*s)}{m} \quad (9)$$

$$\text{LOQ} = \frac{(10*s)}{m} \quad (10)$$



شكل (9). منحنيات تعبير معقد الموركسيد مع أيون المعدن عند النسب المدروسة

الجدول (2). النتائج المتحصل عليها عند نسب المدروسة لمعقد الموركسيد مع أيون Co(II)

Ratios	8:2	6:4	3:7
Results			
λ_{\max}			475
pH	6-4	6-9	7-9
M:L ratio	ML ₂	ML	ML ₂
A_0	0.491	0.230	0.347
A_{\max}	0.480	0.216	0.340
A_{α}	0.011	0.014	0.007
α	0.023	0.072	0.021
ϵ	7664	1938	5843
Log K_f	12.7	6	13
R^2	0.9353	0.981	0.995

يلاحظ أن المعقد المتكون في النسب الثلاث يكون مستقرًا في الوسط الحمضي الضعيف نسبيًا إلى القاعدي الضعيف نسبيًا (4-9). كما يلاحظ أنه عند النسبة 7 : 3، يكون المعقد أكثر استقرارًا من النسب الأخرى بسبب وجود جزيئات الماء بنسبة أكبر، و التي تنافس الموركسيد على الارتباط مع أيون الكوبلت.

تأثير بعض الأيونات المتداخلة على طيف امتصاص معقد

الموركسيد مع أيون Co(II): في المحاليل الحقيقية قد توجد أيونات قد تؤثر على تقدير الأيونات المراد تقديرها، و خاصة عند التراكيز العالية، حيث تسمى بالأيونات المتداخلة. من أجل دراسة تأثير بعض الأيونات المتداخلة

استقرارية عالية في خليط ذو نسبة أعلى من مذيب 2-بروبانول يمكن استخدامه كأساس لتقدير هذه الأيونات بحد اكتشاف منخفض وحساسية عالية.

الشكر والتقدير

نتقدم بالشكر و التقدير لكلية العلوم ، جامعة مصراتة، على توفيرها الأجهزة، و المواد الكيميائية اللازمة لإجراء هذا البحث.

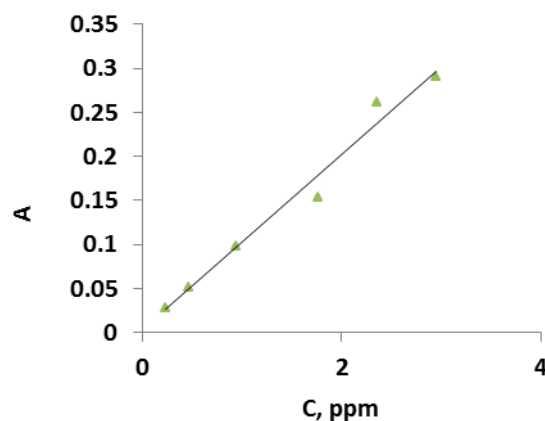
ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: المؤلفين الأول و الرابع مسؤولون عن جمع البيانات و إجراء الجزء العملي وكتابة مسودة البحث. المؤلف الثاني مسؤول عن وضع خطة البحث ومتابعة النتائج وكتابة ومراجعة البحث. المؤلفون الثاني و الخامس المساهمة في تصميم البحث ومناقشة النتائج.

التمويل: يعلن المؤلفون أنهم لم يتلقوا أي دعم مالي من مؤسسة عامة أو خاصة بخصوص إجراء هذا البحث .

المراجع

- Elsherif, K., Hadidan, Q., & Alkariwi, K. (2022). Spectrophotometric determination of Zn (II) and Cu (II) in analytical sample using murexide reagent. *Prog. Chem. Biochem. Res*, 5(3), 229-238.
- Elsherif, K., Zubi, A., Najar, A., & Ghashir, H. B. (2021). Complexation of Pyrazole Based Ligands with Ag (I): Spectrophotometric Studies in Mixed Solvent (EtOH-H₂O). *Arabian Journal of Chemical and Environmental Research*, 8(2), 236-246.
- Elsherif, K. M., Alzalouk, Z., Zubi, A., & Al-Ddarwish, S. (2023). Metal Chelates of Copper and Nickel with Murexide



شكل (11). حساسية معقد الموركسيد مع أيون المعدن

الجدول (3). قيم الحساسية، مدى التراكيز التي ينطبق عليها قانون بير، حد الاكتشاف، وحد التقدير للطرق الطيفية المستخدمة

LOD (ppm)	LOQ (ppm)	Sensitivity (ppm ⁻¹)	R ²	Linear ppm
0.0831	0.277	0.0948	0.982	0.2-4

استنتاج

الدراسة الطيفية لارتباط أيون الموركسيد مع أيون الكوبلت الثنائي أوضحت حدوث إزاحة زرقاء لقمة الامتصاص عند 515-521 nm إلى الطول الموجي 475 nm؛ وذلك لأن مساهمة انتقالات $n \leftarrow \pi^*$ في قمة الامتصاص قد قلت، بينما ازدادت مساهمة الانتقالات $\pi \leftarrow \pi^*$ ، بسبب منح الزوج الإلكتروني نتيجة لتكون الرابطة التناسقية. بدراسة الزمن تبين أن معقد الموركسيد مع أيون الكوبلت قد كان مستقرا عند النسب المدروسة، و تزداد الاستقرارية مع نقص نسبة الماء في الخليط، بدراسة الرقم الهيدروجيني، فإن استقرارية المعقدات قلت عند قيم pH الأعلى من 9، وكذلك عند القيم الأقل من 3. كذلك مدى pH زاد مع نقص نسبة الماء في الخليط. معقد أيون الكوبلت تكون بدرجة استقرار عالية في حالة النسبة 3:7. كانت نسبة الاتحاد بين المتصلة وأيون المعدن (1:2) عند النسب (8:2) و(3:7) بينما كانت (1:1) عند النسبة (6:4). وجود تراكيز عالية من أيونات الكبريتات، والنترات، والكلوريدات، والخلات يؤثر بدرجة كبيرة على مصداقية الطريقة المقترحة. عموما دليل الموركسيد يكون معقدا ملونا مع أيون الكوبلت الثنائي بدرجة

- solution. *Journal of Chemical education*, 61(8), 724.
- Kyrš, M., & Sklucky, P. (1967). Indirect determination of caesium by compleximetric titration of calcium after extraction with calcium dipicrylamine in nitrobenzene. *Analytica Chimica Acta*, 38, 460-463.
- Mohran, H. S. (2009). An electrochemical investigation of the redox properties of murexide in aqueous and non-aqueous media. *American Journal of Applied Sciences*, 6(5), 964.
- Raafid, E., Al-Da'amy, M. A., & Kadhim, S. H. (2020). Spectrophotometric determination of Cu (II) in analytical sample using a new chromogenic reagent (HPEDN). *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(5), 1080-1091.
- Ramaiah, N., Gupta, S., & Vishnu. (1956). Spectrophotometry Studies on the Kinetics of the Decomposition of Murexide in Acid Solutions: Effect of Concentration. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 206(1), 254-260.
- Ravichandran, R., Rajendran, M., & Devapiriam, D. (2014). Antioxidant study of quercetin and their metal complex and determination of stability constant by spectrophotometry method. *Food chemistry*, 146, 472-478.
- Rezayi, M., Ahmadzadeh, S., Kassim, A., & Heng, L. Y. (2011). Thermodynamic studies of complex formation between Co (Salen) ionophore with chromate (II) ions in AN-H₂O binary solutions by the conductometric method. *Int. J. Electrochem. Sci*, 6, 6350-6359.
- Rounaghi, G., Sarafraz Yazdi, A., & Monsef, Z. (2002). A Polarographic Study of in Mixed Isopropanol: Water Solvent: Spectrophotometric Study. *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*, 3(1), 9-17.
- Elsherif, K. M., Zubi, A., Najar, A., & Ghashir, H. B. (2022). Determination of Stoichiometry and Stability Constant of Cd (II) and Zn (II) Complexes with Pyrazole Based Ligands in Mixed Solvent (EtOH-H₂O). *Journal of Pure & Applied Sciences*, 21(2), 128-134.
- Elsherif, K. M., Zubi, A., Shawish, H. B., Abajja, S. A., & Almelah, E. B. (2020). Complex Formation of Bis (salicylidene) ethylenediamine (Salen type ligand) with Copper (II) Ions in Different Solvents: Spectrophotometric and Conductometric Study. *International Journal of New Chemistry*, 7(1), 1-13.
- Erkey, C. (2011). *Supercritical fluids and organometallic compounds: from recovery of trace metals to synthesis of nanostructured materials*. Elsevier.
- Gordon, H., & Norwitz, G. (1972). Spectrophotometric determination of calcium in zirconium powder by use of murexide. *Talanta*, 19(1), 1-6.
- Hassine, C. B. A., & Barhoumi, H. (2018). Electrochemical study of a glassy carbon electrode modified by poly-4-nitroaniline-reduced/murexide and its sensitivity for metal ions. *Analytical biochemistry*, 560, 30-38.
- Job, P. (1928). Formation and stability of inorganic complexes in solution. *Ann. chim*, 9(10), 113-134.
- Knoche, W., & Rees, N. H. (1984). The kinetics and mechanism of the decomposition of murexide in acid

Tl⁺, Pb²⁺ and Cd²⁺ Complexes with Dicyclohexano-18-Crown-6 in Some Binary Mixed Solvents. *Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry*, 43, 231-237.

Ryan, D. K., & Weber, J. H. (1982). Fluorescence quenching titration for determination of complexing capacities and stability constants of fulvic acid. *Analytical Chemistry*, 54(6), 986-990.

Shamsipur, M., & Alizadeh, N. (1992). Spectrophotometric study of cobalt, nickel, copper, zinc, cadmium and lead complexes with murexide in dimethylsulphoxide solution. *Talanta*, 39(9), 1209-1212.

Shivanand, S. (2014). Metal-ligand stability constants of Fe (III), Cd (II), Co (II), Ni (II), Zn (II) metal ion complexes with Lorazepam in aquo-organic media at 0.1 M ionic strength pH metrically. *Adv In Appl Sci Res*, 5(4), 171-175.

Wahba, O., Hassan, A. M., Naser, A., & Hanafi, A. (2017). Preparation and spectroscopic studies of some copper and nickel Schiff base complexes and their applications as colouring pigments in protective paints industry. *Egyptian Journal of Chemistry*, 60(1), 25-40.



Effect of Vermicompost and Mineral Fertilizers on Growth and Productivity of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Under Homs-Syria Conditions

Salwa Saadea¹, Fadi Abbas^{1*}, Hassan Al-Shbatt² and Dima Al-Seed³

¹ Department of Field Crops, Homs Agricultural Research Center, General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria

² Department of Livestock Research, Homs Agricultural Research Center, Damascus, Syria

³ Department of Natural Resources, Homs Agricultural Research Center, Damascus, Syria

ARTICLE HISTORY	<p>Abstract: This research was carried out during the 2021/2022 season to evaluate the effect of vermicompost fertilization on the growth and productivity of faba beans at rates of 2, 5, and 8 tons/ha compared to the addition of mineral fertilizer only (40 kg of nitrogen in the form of urea 46% N, 60 kg of phosphate in the form of triple superphosphate 46% H₃PO₄, and 60 kg of potassium in the form of potassium sulfate 50% K₂O/ha). In addition, a treatment without fertilization was considered as a control. The results showed that the treatment of fertilization with vermicompost 8 tons/ha achieved the best growth indicators (plant height, number of branches, leaf area, wet and dry weight), and it also achieved the best productivity indicators (number of pods per plant 22.13 pods/plant, number of seeds per pod 4.7 seeds/pod, number of seeds per plant 103.23 seeds/plant, the weight of 100 seeds 124.15 g, the weight of seeds per plant is 128.02 g/plant, seed yield 3311.2 kg/ha and the percentage of protein in seeds was 9.93%). The seed yield increased by 8.52% and protein by 1.61% compared to the NPK fertilization and increased by 46.61% and 10.17%, respectively, compared to the non-fertilized control. As a result, we concluded the possibility of using vermicompost fertilization on faba beans at a rate of 8 tons/ha to increase plant productivity and at a rate of 5 tons/ha as an alternative to mineral fertilizer and to rationalize its use.</p>
Received: 19 February 2023	
Accepted: 22 May 2023	
Keywords: Vermicompost, Mineral fertilizers, Growth, Productivity, <i>Vicia faba</i> L.	

تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست والأسمدة المعدنية في نمو وإنتاجية الفول *Vicia faba* L. تحت ظروف منطقة حمص-سوريا

الكلمات المفتاحية : الفيرمي كومبوست، الأسمدة المعدنية، النمو، الإنتاجية، الفول.	<p>المستخلص: نفذ هذا البحث خلال الموسم الزراعي 2022/2021، بهدف دراسة تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست بمعدلات 2، 5، 8 طن/هكتار مقارنةً بإضافة السماد المعدني فقط (40 كجم نتروجين على شكل يوريا 46% N، 60 كجم فوسفات على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46% H₃PO₄، 60 كجم بوتاسيوم على شكل سلفات البوتاسيوم 50% K₂O/هكتار) (NPK). بالإضافة إلى المعاملة بدون تسميد والتي عدت شاهداً، في نمو الفول العادي، وإنتاجيته. أظهرت النتائج تفوق معاملة التسميد بالفيرمي كومبوست 8 طن/هـ على جميع المعاملات المدروسة، حيث حققت هذه المعاملة أفضل مؤشرات النمو (ارتفاع النبات، وعدد الأفرع، ومساحة المسطح الورقي، والوزن الرطب، والجاف للنبات)، كما حققت أفضل المؤشرات الإنتاجية (عدد القرون في النبات 22.13 قرن/النبات، وعدد البذور في القرن 4.7 بذرة/قرن، وعدد البذور في النبات 103.23 بذرة/النبات، ووزن الـ 100 بذرة 124.15 جم، ووزن البذور في النبات 128.02 جم/النبات، والإنتاجية البذرية 3311.2 كجم/هـ ونسبة البروتين في البذور 9.93%)، وبالنتيجة زادت الإنتاجية البذرية بنسبة 8.52%، والبروتين بنسبة 1.61%، مقارنةً بالتسميد المعدني NPK، و 46.61% في الإنتاجية البذرية، و 10.17% في نسبة البروتين مقارنةً بالشاهد. بالنتيجة فإنه يمكن اعتماد التسميد بالفيرمي كومبوست على الفول بمعدل 8طن/هـ لزيادة إنتاجية النبات وبمعدل 5 طن/هـ بديلاً للسماد المعدني ولترشيد استخدامه.</p>
---	--

المقدمة

ديدان الأرض هي أفراد من صف Oligochaete، ورتبة megadrilacea (Zambare et al., 2011)، وهي أنبوبية الشكل، ويوجد حالياً حوالي 150 فصيلة، و 3320 نوعاً من ديدان الأرض في العالم تم عزلها، وتوصيفها بشكل دقيق (Datta et al., 2016). وتختلف هذه الأنواع فيما بينها باحتياجاتها، ومتطلباتها الخاصة فبعضها يمكن أن يصنع الكومبوست مثل *Eisenia fetida*، وبعضها يعيش في الطبقة السطحية للتربة Epigeic، بينما يعد البعض الآخر حافرات تعايشت في طبقات أعمق تحت سطح التربة الأخرى (Aira et al., 2007). Anecic , Endogeic ديدان الأرض في تشكيل التربة، وخصوبتها بالتفصيل في العديد من الدراسات السابقة (Edwards et al., 1995; Ismail, 2009; Kale, 1998; Lalitha et al., 2000)، ويعد إدخال تقنية Vermicomposting، وإنتاج السماد باستخدام ديدان الأرض عاملاً مهماً في المحافظة على توازن النظام البيئي (Shuster et al., 2000).

يسمى الكومبوست المحضر باستخدام ديدان الأرض بالفيرمي كومبوست Vermicompost (Ismail, 2009)، وهو عبارة عن مادة تشبه الخث الناعم الذي يتميز بخواص محسنة للتركيب الفيزيائي للتربة من حيث التهوية، والمحافظة على رطوبتها، وتحسين نظام الصرف فيها (Edwards, 1983). ويرتبط المحتوى من العناصر في الفيرمي كومبوست بشكل كبير بطبيعة المواد التي تتغذى عليها الديدان، ونوعها، وهو بشكل عام يحتوي على كميات أكبر من العناصر المغذية بحالتها الجاهزة للنبات مقارنةً بالمادة الأصل (Edwards et al., 1995). وهو يحسن الخواص الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية للتربة (Kale, 1998)، كما يعمل على تعزيز نمو النباتات، وتحسين إنتاجيته (Rajkhowa et al., 2000; Reddy, 1988). يحتوي الفيرمي كومبوست على العديد من العناصر المعدنية مثل النتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت، والحديد، والزنك، والنحاس،

والبورون، كما يحتوي على الأحماض الهيوميّة (Theunissen et al., 2010)، كما أنه يعزز نمو النبات من خلال إنتاج الهرمونات، والأزيمات (Pathma & Sakthivel, 2012)، وهناك العديد من الدراسات التي تصنفه بديلاً جيداً للأسمدة المعدنية (Lazcano & Domínguez, 2011). كما أظهرت دراسة (Sharma & Banik, 2014) أن استخدام هذا السماد يمكن أن تزيد من النتروجين في التربة بحوالي 42%، والفوسفور بحوالي 29%، والبوتاسيوم بنسبة 57%.

تعد البقوليات غذاءً ممتازاً سواء استخدمت في غذاء الإنسان، أو علف الحيوان، إضافة إلى أنها تحسن استعمال مختلف المواد العلفية المعطاة للحيوان، وخاصة عندما يكون العلف معظمه من الألياف، أو السيلاج، أو العلف العصيري. ويتبع نبات الفول الجنس *vicia*، وتحت الفصيلة Faboideae، والفصيلة البقولية Fabaceae، ويتبعه العديد من الأنواع البرية، والمزروعة، والواسعة الانتشار (Sofi et al., 2013). وقد انخفضت زراعة الفول في العالم من 5 مليون هكتار في 1965 إلى أقل من النصف في عام 2007 بسبب إنتاجيته غير المستقرة، وتعرضه في مناطق زراعته إلى إجهادات حيوية، وغير حيوية (Rubiales et al., 2010). ويعد محصول الفول من أهم المحاصيل البقولية الشتوية في القطر العربي السوري، وقد بلغت المساحة المزروعة بالفول في سورية في العام 2020 حوالي 14917 هكتاراً، أعطت إنتاجاً قدره 28842 طناً، بمتوسط إنتاجية 1933 كجم/هـ (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2020).

تجود زراعة الفول في سورية على الترب الحمراء، والصفراء، وتعد درجة الحموضة المثالية 6.9-7.3، و pH ينصح بعدم زراعة الفول في الترب الرملية، ولا في الأراضي عالية الخصوبة حتى لا تستمر نباتاته في النمو الخضري على حساب الدخول في مرحلة الإزهار، وتشكل القرون، ولا تتاسب الفول الترب الملحية، والحامضية، ولا ينصح في

درس (Ugar, 2021) تأثير الأسمدة الحيوية، والفيرومي كومبوست في بعض مؤشرات الإنتاجية للقول العادي تحت الظروف المتوسطة في تركيا، فوجد أن الفيرومي كومبوست بمعدل 1200 كجم/هـ أدى إلى زيادة ارتفاع النبات، وعدد القرون في النبات الواحد، ووزن الـ 100 بذرة، والإنتاجية البذرية للنبات مقارنةً بالشاهد غير المسمد. كذلك وجد (Elsaggan, 2020) أن التسميد بشاي الفيرومي كومبوست، والأحماض الهيومية زاد من إنتاجية القول، وحسن من نوعية البذور. كما وجد (Chaichi et al., 2018) أن الرش بشاي الفيرومي كومبوست 10% زاد من عدد الأزهار وارتفاع النبات، ومن عدد القرون على النبات الواحد. كذلك وجد أن التسميد الفيرومي كومبوست مع كومبوست المشروم أعطى إنتاجية وصلت إلى 3.61 طن/هـ (Pérez et al., 2019).

درس (Flores Carrera et al., 2022) تأثير التسميد العضوي بعدة أسمدة عضوية من ضمنها الفيرومي كومبوست بمعدل 2 طن/هـ فوجد زيادة في عدد القرون في النبات، ووزنها ووزن الـ 100 بذرة.

بناءً على ما سبق تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير التسميد بالفيرومي كومبوست مقارنةً بالأسمدة المعدنية في بعض صفات النمو، والصفات الإنتاجية للقول في ظروف منطقة حمص في سوريا.

المواد وطرق البحث

نفذ البحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص خلال الموسم الزراعي 2022/2021، ويرتفع موقع البحث عن سطح البحر 487 م، ويقع على خط الطول 36.4، وخط العرض 34.4، ويسود هذه المنطقة صيف حار وجاف، وشتاء بارد ماطر، وتشير المعطيات المناخية اليومية المأخوذة من محطة الأرصاد الجوية بحمص إلى انخفاض درجات الحرارة شتاءً وفي الربيع، وارتفاعها بدءاً من نهاية شهر أبريل، وتوقف الأمطار طيلة هذا الشهر، وبلغ معدل الهطول السنوي بحدود 360 ملم، جدول (1).

الأراضي المالحة زراعة الفول حيث تعيق نمو الجذور، وتطور المجموع الخضري، ولعل الدور الاقتصادي الكبير لمحصول الفول يبرز من خلال قدرته على تثبيت النتروجين الجوي عن طريق البكتريا العقدية التابعة لجنس *Rhizobium*، وادخار كمية من البروتين في البذار، وفي جميع أجزاء النبات (Kalia & Sood, 2004). ويستخدم الفول علفاً أخضر، أو لصنع السيلاج الذي يحتوي 3% بروتين كما تحش النبات في طور الإزهار، ويحضر منها الدريس، وتعد بذور الفول مادة علفية مركزة إذ يحتوي 1 كجم بذور جافة على 1.29 وحدة علفية، و250 جم بروتين، كما أن تبين الفول يحوي على 8% بروتين و 1.5% دهن (Dhull et al., 2021)، وتعد القيمة الغذائية، والعلفية للقول العادي أعلى مقارنةً بفول الصويا (Martineau-Côté et al., 2022).

تحتاج نباتات المحاصيل إلى كميات كبيرة من العناصر الكبرى N.P.K وتزداد الحاجة لهذه المغذيات مع ازدياد الطلب العالمي على الغذاء الناجم عن الزيادة السكانية، ومن المتوقع أن تصل الحاجة من هذه المغذيات بحلول عام 2050 إلى نحو 263 مليون طن (Alexandratos & Bruinsma, 2012) حيث أن هذه العناصر الكبرى تساهم بأكثر من 95% من الكتلة الحيوية النباتية، والتي يمكن الحصول عليها من المصادر غير العضوية، أو العضوية (Barati, 2010). إن الأسمدة المعدنية لا يمكن الاستغناء عنها في الزراعة، لكن نوع السماد المعدني، وشكله، وطبيعة التربة تلعب عوامل في استفادة النبات من هذا السماد، وكفاءته في التربة (Gai et al., 2018)، لذلك فإن الأسمدة العضوية الغنية بالمادة العضوية هي الأفضل لتحسين قوام التربة، والنشاط البيولوجي فيها (Castelo-Gutiérrez et al., 2016). وقد وجد أن إضافة السماد العضوي حسنت من خصوبة التربة، ومن إنتاجية العديد من المحاصيل (Afreh et al., 2018)، ومن هذه الأسمدة الفيرومي كومبوست (Bazán et al., 2014).

الجدول (3). مكونات وخصائص الفيومي كومبوست

العنصر	القيمة
pH	7.64
dS/m EC	0.85
محتوى الكربون العضوي %	22.36
المادة العضوية %	38.55
النتروجين الكلي %	1.32
الفوسفور الكلي %	0.58
البوتاسيوم الكلي %	0.71
الكثافة الظاهرية جم/سم ³	0.49

تم التسميد بالمعدلات 2، 5، 8 طن/هـ والتي تعادل 1.2، 3.0، 4.8 كجم/ قطعة تجريبية، والتي بلغت مساحتها 6 م². بالإضافة إلى معاملة تم تسميدها بالسماذ المعدني فقط (40 كجم نتروجين على شكل يوريا 46% N، 60 كجم فوسفات على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46% H₃PO₄، 60 كجم بوتاس على شكل سلفات البوتاس 50% K₂O/هـ). وكان الشاهد عبارة عن زراعة الفول بدون تسميد.

تألقت القطعة التجريبية من أربعة خطوط بطول 3 م، يبعد الخط عن الآخر 50 سم، والمسافة بين النباتات ضمن الخط الواحد 20 سم، وبالتالي احتوت القطعة التجريبية التي مساحتها 6 م² على 60 نباتاً.

صممت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة، وبثلاثة مكررات، وتم تحليل النتائج باستخدام البرنامج الإحصائي Gen.STAT، حيث تمت مقارنة المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD عند المستوى 5%. كما تم حساب معامل التباين CV%.

مؤشرات النمو المدروسة: عدد الأيام حتى الإزهار: وتم تسجيله عند ظهور أول زهرة عند 50% من النباتات في كل قطعة تجريبية.

عدد الأيام حتى النضج: وسجل عند نضج 50% من النباتات، أي عند تحول لون القرون السفلية إلى اللون الأسود لـ 50% من نباتات القطعة التجريبية.

جدول (1). الظروف المناخية السائدة فترة تنفيذ البحث من العام 2022

الشهر	درجة الحرارة العظمى م	درجة الحرارة الصغرى م	معدل الهطول المطري ملم
ديسمبر	13.75	5.41	85.30
يناير	12.11	7.09	102.70
فبراير	15.16	6.00	52.60
مارس	12.85	4.11	104.60
أبريل	25.62	11.18	0.00
مايو	27.95	14.20	12.10

تمت زراعة صنف الفول البلدي في 15 ديسمبر من العام 2021، وتم الحصاد في 29 مايو من العام 2022. وتمت الزراعة بالاعتماد على مياه الأمطار طيلة موسم النمو، ودلت نتائج تحليل التربة على أنها طينية مائلة للقلوية قليلة الملوحة فقيرة المحتوى من البوتاسيوم، والفوسفور، ومنخفضة المحتوى من النتروجين، والمادة العضوية (الجدول، 2).

تم تحضير الفيومي كومبوست من قبل وحدة التصنيع في مركز بحوث حمص من خلال تغذية الديدان على مخلفات الحقل، ولمدة 90 يوماً، ثم تم حصاد الناتج، وغربلته على شكل حبيبات بقطر 3 ملم، ويوضح الجدول (3) مكونات وخصائص الفيومي كومبوست المستخدم في التجربة.

الجدول (2). التحليل الفيزيائي، والكيميائي لتربة الموقع المدروس

العنصر	القيمة
رمل %	22.00
سنت %	24.00
طين %	54.00
نتروجين معدني ملجم/كجم	14.67
بوتاسيوم متاح ملجم/كجم	210.30
فوسفور متاح ملجم/كجم	2.80
pH	8.42
dS/m EC	0.14
% CaCO ₃	0.46

- نسبة البروتين في البذور % وتم حسابه بطريقة كلاهال.

النتائج

أظهرت النتائج أن التسميد بالفيرمي كومبوست 5 و 8 طن/هـ أدى إلى زيادة عدد الأيام حتى الإزهار، والنضج، وبفروق معنوية ($P \leq 0.05$) مقارنةً بالتسميد المعدني NPK، وبالشاهد غير المسمد، حيث بلغ عدد الأيام حتى الإزهار، والنضج 89.0، 161.3، يوماً على التوالي عند التسميد بالفيرمي كومبوست 8 طن/هـ مقارنةً بالتسميد المعدني 85.3، 154.7 يوماً على التوالي، في حين انخفضت هذه الفترات في الشاهد غير المسمد 81.7، 145.0 يوماً على التوالي (الجدول، 4).

كما زاد عدد الأفرع على النبات، وارتفاع النبات في معاملة التسميد 8 طن/هـ بالقيم 3.5 فرع/نبات و 96.8 سم، وبفروق معنوية ($P \leq 0.05$) مقارنةً بالمعاملات الأخرى. وكانت الفروق بين معاملة التسميد 5 طن/هـ، والتسميد المعدني NPK غير معنوية بالنسبة لارتفاع النبات (88.7، 90.6 سم) على التوالي (الجدول، 4).

بشكل مماثل أدت معاملات التسميد بالفيرمي كومبوست إلى زيادة معنوية في مساحة المسطح الورقي للنبات، والوزن الرطب والجاف للنبات، فبلغت قيم هذه المؤشرات في المعاملة 8 طن/هـ 867.9 سم²/نبات، 150.5 جم، 15.4 جم على التوالي مقارنةً بمعاملة التسميد المعدني 820.1 سم²/نبات، 126.3 جم، 12.1 جم على التوالي، ومعاملة الشاهد غير المسمد 740.1 سم²/نبات، 112.19 جم، 9.68 جم على التوالي (الجدول، 5). والملاحظ أن الفروق بين معاملي التسميد 5 طن/هـ فيرمي كومبوست، والـ NPK كانت غير معنوية بالنسبة لمساحة المسطح الورقي 809.8، 820.1 سم²/نبات، والوزن الرطب 129.4، 126.3 جم/النبات، والوزن الجاف 12.7، 12.1 جم/النبات على التوالي (الجدول، 5).

ارتفاع النبات: تم تسجيل ارتفاع النبات في أوج طور النمو الخضري، وذلك باستخدام مسطرة مدرجة ابتداءً من سطح التربة حتى قمة النبات.

مساحة المسطح الورقي الأخضر: حسب في طور الإزهار بأخذ ثلاثة نباتات في طور الإزهار من كل قطعة، وتنظيفها من الجذور، وجمعت الأوراق، ثم وزنت، ووضعت فوق بعضها البعض، وثقبت بمتقب ذو فتحة دائرية، وحسب وزن الدوائر الخضراء الناتجة، ومن خلال التعويض بالمعادلة التالية تم حساب المسطح الورقي الأخضر مقدراً بـ سم²/نبات:

$$L * S / Z = \text{مساحة المسطح الورقي الأخضر}$$

L: وزن الأوراق على النبات الواحد (جم)، S: مساحة الفتحة الدائرية للمتقب (سم²)، Z: متوسط وزن الدوائر الخضراء (جم).

وزن النبات الأخضر والجاف (جم/م²): بالطريقة الوزنية حيث تم قص جذور عدد من النباتات المقلوعة من وحدة المساحة بطور النضج، ثم وزنت مباشرة، وبعدها تم التجفيف على درجة حرارة 80 م°، ولمدة 24 ساعة حتى ثبات الوزن.

مؤشرات الإنتاجية المدروسة:

- عدد القرون في النبات في طور النضج الفيزيولوجي عند اصفرار الأوراق، وتحول لون القرون إلى الأسود، وصلابة البذور، وذلك بعد القرون التي تحتوي على بذور.

- عدد البذور في القرن: عن طريق عد البذور في القرن الواحد على الأفرع الرئيسية للنبات، وذلك قبل حصاد النباتات.

- وزن البذور في النبات: تم وزن البذور لعشر نباتات، وحسب متوسطها.

- وزن الـ 100 بذرة: تم أخذ ثلاثة عينات من كل قطعة تجريبية كل عينة مؤلفة من 100 بذرة، وتم وزنها، وحساب المتوسط.

- الإنتاجية البذرية: كجم/هـ.

4.0 بذرة/قرن، و 81.6 بذرة/النبات، 118.3 جم، و 96.5 جم/النبات، 3029.0 كجم/هـ و 9.8%، (الجدول، 4).

ويتتبع نتائج الجدول 4 نجد أن الفروق بين معاملات التسميد فيرمي كومبوست 5 طن/هـ، والتسميد المعدني كانت غير معنوية. فيما حقق التسميد بالفيرمي كومبوست 8 طن/هـ زيادة في الإنتاجية البذرية بلغت 8.5%، وفي نسبة البروتين 1.6%، مقارنةً بالتسميد المعدني NPK، و 46.6% في الإنتاجية البذرية، و 10.2% في نسبة البروتين مقارنةً في الشاهد غير المسمد.

الجدول (6). تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية NPK، والشاهد غير المسمد في بعض الصفات الإنتاجية للفلو

المعاملة	عدد القرون في النباتات	عدد البذور في القرن	عدد البذور في النباتات
2 طن/هـ	18.7c	4.0b	74.9b
5 طن/هـ	20.6a	4.0b	82.5b
8 طن/هـ	22.1a	4.7a	103.2a
NPK	20.4b	4.0b	81.6b
شاهد	15.6d	3.3c	51.9c
LSD _{0.05}	0.7	0.7	12.4
CV%	1.9	9.1	8.7

الأحرف المتشابهة في كل عمود تعني عدم وجود فروق معنوية بواسطة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05، CV يشير إلى معامل التباين.

الجدول (7). تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية NPK والشاهد غير المسمد في بعض الصفات الإنتاجية للفلو

المعاملة	وزن البذرة في القرن	وزن البذور في النباتات	وزن البذرة في القرن	نسبة الإنتاجية البذرية في البروتين في البذور %
2 طن/هـ	114.2b	85.6b	2973.3b	9.6a
5 طن/هـ	117.3b	96.8b	3070.5b	9.8a
8 طن/هـ	124.2a	128.0a	3311.2a	9.9a
NPK	118.3b	96.5b	3029.0b	9.8a
شاهد	101.4c	52.7c	1767.7c	8.9b
LSD _{0.05}	4.6	14.2	190.5	0.6
CV%	2.2	8.5	3.7	3.3

الأحرف المتشابهة في كل عمود تعني عدم وجود فروق معنوية بواسطة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05، CV يشير إلى معامل التباين.

الجدول (4) تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية NPK والشاهد غير المسمد في بعض قياسات النمو للفلو

المعاملة	عدد الأيام حتى الإزهار	عدد الأيام حتى النضج	عدد ارتفاع الأفرع/النبات سم
2 طن/هـ	85.7b	152.7c	3.0c
5 طن/هـ	87.7b	155.7b	3.0c
8 طن/هـ	89.0a	161.3a	3.5a
NPK	85.3c	154.7b	3.2b
شاهد	81.7d	145.0d	3.0c
LSD _{0.05}	1.2	1.7	0.1
CV%	0.8	0.6	2.6

الأحرف المتشابهة في كل عمود تعني عدم وجود فروق معنوية بواسطة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05، CV يشير إلى معامل التباين.

الجدول (5) تأثير التسميد بالفيرمي كومبوست بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية NPK، والشاهد غير المسمد في بعض قياسات النمو للفلو

المعاملة	المسطح الورقي سم ² /نبات	الوزن الرطب للنبات جم	الوزن الجاف للنبات جم
2 طن/هـ	780.5c	124.1b	11.9c
5 طن/هـ	809.8bc	129.4b	12.7b
8 طن/هـ	867.9a	150.5a	15.4a
NPK	820.1b	126.3b	12.1bc
شاهد	740.1d	112.2c	9.7d
LSD _{0.05}	32.3	6.3	0.6
CV%	2.2	2.8	2.7

الأحرف المتشابهة في كل عمود تعني عدم وجود فروق معنوية بواسطة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05، CV يشير إلى معامل التباين.

تشير نتائج الجدولين (6 و 7) إلى أن التسميد بالفيرمي كومبوست 8 طن/هـ أدى إلى زيادة عدد القرون في النبات 22.1 قرن/النبات، وعدد البذور في القرن 4.7 بذرة/قرن، وعدد البذور في النبات 103.2 بذرة/النبات، ووزن البذرة 124.2 جم، ووزن البذور في النبات 128.0 جم/النبات، والإنتاجية البذرية 3311.2 كجم/هـ ونسبة البروتين في البذور 9.9%، مقارنةً بمعاملتي التسميد الكيميائي، والشاهد غير المسمد، فبلغت قيم هذه المؤشرات في معاملة الـ NPK على التوالي: 20.4 قرن/النبات، و

المناقشة

أظهرت النتائج أن التسميد بالفيرمي كومبوست أدى إلى زيادة عدد الأيام حتى الإزهار والنضج، وقد يعود ذلك إلى أن التسميد بالفيرمي كومبوست يوفر العناصر الغذائية اللازمة للنبات بشكل مستمر حسب حاجته طيلة موسم نموه ما أدى إلى توفر الظروف المثلى لإطالة النمو الخضري، وتأخير دخول النبات في مرحلة الإزهار، والنضج الفيزيولوجي مقارنةً بمعاملات التسميد الأخرى.

كما زاد ارتفاع النبات، وعدد الأفرع، وهذا يعود إلى أن الأسمدة العضوية المتمثلة بالفيرمي كومبوست تشجع الفعاليات الحيوية، ولاسيما عمليتي الانقسام، وتطاول الخلايا النباتية فضلاً عن دورها في زيادة نشاط الأنزيمات التي تعمل على تحلل المركبات العضوية، وتعمل على تحرير العناصر منها، مما يزيد من جاهزيتها وبدورها تزيد معدلات النمو للنبات، كذلك فإن المحتوى العالي للنتروجين في الفيرمي كومبوست يعمل على تحفيز النبات لإنتاج الأوكسينات وتصنيع البروتينات، مما يشجع عملية انقسام الخلايا واستطالتها ومن ثم زيادة طول النبات وعدد الأفرع.

كما لوحظ التأثير الإيجابي للتسميد العضوي بالفيرمي كومبوست في مساحة المسطح الورقي، ويعزى ذلك أن هذا السماد سريع الاستقلاب وبالتالي يتسارع النمو النشط، وبالتالي تزيد مساحة النبات، وكتلته الحية. كما أنه يسبب زيادة تحرر النتروجين العضوي مما يؤدي إلى زيادة الكلوروفيل الذي يؤدي بدوره إلى زيادة نشاط التمثيل، وزيادة مساحة الأوراق. وبالتالي زاد كل من الوزن الرطب، والجاف للنبات بسبب زيادة ارتفاع النبات، وعدد الأفرع، وزيادة مساحة مسطحه الورقي.

اتفقت النتائج مع العديد من الدراسات السابقة، فقد وجد (Bezabeh et al., 2021) تأثير الفيرمي كومبوست في زيادة كتلة المادة الجافة، والإنتاجية في الفول بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية. كما وجد (Tammam et al., 2023) تأثير الفيرمي كومبوست في زيادة المسطح الورقي لنبات

الفول. كذلك الأمر فقد وجد (Guriqbal et al., 2012) أن التسميد بالفيرمي كومبوست أدى إلى زيادة ارتفاع نبات الحمص، كما وجد (Bhattacharjya & Chandra, 2013) أن الفيرمي كومبوست زاد الإنتاجية البذرية للحمص. كذلك الأمر وجد (Kumar et al., 2018) أن التسميد بالفيرمي كومبوست زاد من ارتفاع النبات، وعدد القرون في النبات ووزن الـ100 بذرة، والإنتاجية البذرية مقارنةً بالشاهد غير المسمد. أما (Pashaki et al., 2016) فقد وجد أن الفيرمي كومبوست زاد من عدد القرون في نبات الفول، وإنتاجية القرون، كما توصل (Mohammadii & Rezaei-Chiyaneh, 2019) إلى نتائج مماثلة لتأثير الفيرمي كومبوست على الفول في مواقع مختلفة. كما اتفقت النتائج مع نتائج (Edwards et al., 2006) الذين وجدوا أن استخدام الفيرمي كومبوست سماداً لبعض الخضار ممكن أن يخفف الحاجة للتسميد بجزء كبير من الأسمدة المعدنية، كذلك تتفق مع (Tiwari et al., 1989) الذين أوضحوا أن استخدام السماد الناتج عن ديدان الأرض يؤدي إلى زيادة خصوبة التربة، وبالتالي يؤدي إلى توفير العناصر الضرورية للنبات بشكلها متاح.

استنتاج

بناءً على ما سبق فإنه يمكن اعتماد التسميد بالفيرمي كومبوست على الفول بمعدل 8 طن/هـ؛ لزيادة إنتاجية النبات بمعدل 5 طن/هـ، بديلاً للسماد المعدني ولترشيد استخدامه، ولا بد من استمرار الدراسة على إمكانية استبدال الاحتياجات السمادية المعدنية جزئياً، أو كلياً بسماد الفيرمي كومبوست للفول، وللمحاصيل الأخرى المزروعة، واختبار معدلات إضافية مختلفة من الفيرمي كومبوست في منطقة الدراسة.

ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: قام المؤلفان الأول والثاني بالعملات الزراعية والقراءات الحقلية وتحليل البيانات إحصائياً، في

of the total Environment, 385(1-3), 252-261 .

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision .

Barati, A. (2010). Nano-composite superabsorbent containing fertilizer nutrients used in agriculture: Google Patents.

Bazán, B., León, S., Ling, L., Alarcón, M., Linares, P., Zuiko, F., Pérez, S., Canales, S., Valer, B., & Mora, A. (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, Humus y Compost. *Manual Técnico*(5) .

Bezabeh, M. W., Haile, M., Sogn, T., & Eich-Greatorex, S. (2021). Yield, nutrient uptake, and economic return of faba bean (*Vicia faba* L.) in calcareous soil as affected by compost types. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100237 .

Bhattacharjya, S., & Chandra, R. (2013). Effect of inoculation methods of Mesorhizobium ciceri and PGPR in chickpea (*Cicer areietinum* L.) on symbiotic traits, yields, nutrient uptake and soil properties. *Legume Research-An International Journal*, 36(4), 331-337 .

Castelo-Gutiérrez, A. A., García-Mendivil, H. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Arellano-Gil, M., Figueroa-López, P., & Gutiérrez-Coronado, M. A. (2016). Compost de residuos de champiñón como mejorador de suelo y biofertilizante en producción de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 22(2), 83-94 .

Chaichi, W., Djazouli, Z., Zebib, B., & Merah, O. (2018). Effect of vermicompost tea on faba bean growth

حين قام المؤلف الثالث بإنتاج وصناعة سماد الفيرمي كومبوست وتحضير معدلات الإضافة، أما المؤلف الرابع فقد قام بإجراء التحاليل المخبرية الخاصة بالبحث.

التمويل: فريق البحث يشكر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية GCSAR في سورية لتمويلها البحث بالكامل.

المراجع

Afreh, D., Zhang, J., Guan, D., Liu, K., Song, Z., Zheng, C., Deng, A., Feng, X., Zhang, X., & Wu, Y. (2018). Long-term fertilization on nitrogen use efficiency and greenhouse gas emissions in a double maize cropping system in subtropical China. *Soil and Tillage Research*, 180, 259-267 .

Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science of the total Environment*, 385(1-3), 252-261 .

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision .

Afreh, D., Zhang, J., Guan, D., Liu, K., Song, Z., Zheng, C., Deng, A., Feng, X., Zhang, X., & Wu, Y. (2018). Long-term fertilization on nitrogen use efficiency and greenhouse gas emissions in a double maize cropping system in subtropical China. *Soil and Tillage Research*, 180, 259-267 .

Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science*

- and soil carbon and nitrogen stocks in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 208, 384-392 .
- Guriqbal, S., Sekhon, H., & Harpreet, K. (2012). Effect of farmyard manure, vermicompost and chemical nutrients on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 7(2), 93-99 .
- Ismail, S. A. (2009). *The earthworm book*. Other India Press .
- Kale, R. D. (1998) . *Earthworm: Cinderella of organic farming*. Prism .
- Kalia, P., & Sood, S. (2004). Genetic variation and association analysis for pod yield and other agronomic and quality characters in an Indian Himalayan collection of broad bean (*Vicia faba* L.). *Sabrao Journal of breeding and genetics*, 36(2), 55-61 .
- Kumar, K. A., Swain, D. K., & Bhadoria, P. (2018). Split application of organic nutrient improved productivity, nutritional quality and economics of rice-chickpea cropping system in lateritic soil. *Field Crops Research*, 223, 125-136 .
- Lalitha, R., Fathima, K., & Ismail, S. (2000). Impact of biopesticides and microbial fertilizers on productivity and growth of *Abelmoschus esculentus*. *Vasundhara The Earth*, 1(2), 4-9 .
- Lazcano, C., & Domínguez, J. (2011). The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil nutrients*, 10(1-23), 187 .
- Martineau-Côté, D., Achouri, A., Wanasundara, J., Karboune, S., & L'Hocine, L. (2022). Health and yield. *Compost Science & Utilization*, 26(4), 279-285 .
- Datta. C., Gaudette and H. Atiyeh R.. (2016). Environmental science and pollution research, *Jour. British Environ. Res. Pollut. Manag.* 5:1-30.
- Dhull, S. B., Kidwai, M. K., Noor, R., Chawla, P., & Rose, P. K. (2021). A review of nutritional profile and processing of faba bean. *Vicia faba* .
- Edwards, C. (1983). Production of earthworm protein for animal feed from potato waste. *Proceedings-Easter School in Agricultural Science, University of Nottingham* .
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Greytak, S. (2006). Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle*, 47(5), 28 .
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J., Linden, D., & Subler, S. (1995). *Earthworms in agroecosystems*. Lewis Publisher, Boca Raton, FL .
- Elsaggan, M. A. (2020). Effect of organic fertilizer rates and sulfur on growth and productivity of broad bean under south sinai conditions. *Egyptian Journal of Desert Research*, 70(2), 137-151 .
- Flores Carrera, L. S., Pérez López, D. d. J., Sangerman-Jarquín, D. M., Arriaga, M. R., González Huerta, A & Ramírez Dávila, J. F. (2022). Population density and organic fertilization in fava bean from central Mexiquense. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 317-330 .
- Gai, X., Liu, H., Liu, J., Zhai, L., Yang, B., Wu, S., Ren, T., Lei, Q., & Wang, H. (2018). Long-term benefits of combining chemical fertilizer and manure applications on crop yields

- Clive A. Edwards and Edward F. Neuhauser .
- Rubiales, D., Duc, G., & Stoddard, F. (2010). Faba beans in sustainable agriculture. *Field Crops Research*, 115(3), 201-339 .
- Sharma, R. C., & Banik, P. (2014). Vermicompost and fertilizer application: Effect on productivity and profitability of baby corn (*Zea Mays* L.) and soil health. *Compost Science & Utilization*, 22 .92-83 ,(2)
- Shuster, W., Subler, S., & McCoy, E. (2000). Foraging by deep-burrowing earthworms degrades surface soil structure of a fluventic Hapludoll in Ohio. *Soil and Tillage Research*, 54(3-4), 179-189 .
- Sofi, B. A., Wani, I. A., Masoodi, F. A., Saba, I., & Muzaffar, S. (2013). Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of broad bean (*Vicia faba* L.) starch. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 63-72 .
- Tammam, A., El-Aggan, W., Helaly, A., Badr, G., & El-Dakak, R. (2023). Proteomics and photosynthetic apparatus response to vermicompost attenuation of salinity stress *Vicia faba* leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(1), 17 .
- Theunissen, J., Ndakidemi, P. A., & Laubscher, C. P. (2010). Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* .
- Tiwari, S., Tiwari, B., & Mishra, R. (1989). Microbial populations, enzyme activities and nitrogen-phosphorus-potassium enrichment in earthworm Beneficial Bioactivities of Faba Bean Gastrointestinal (In Vitro) Digestate in Comparison to Soybean and Pea. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9210 .
- Mohammadii, H., & Rezaei-Chiyaneh, S. (2019). Effect of vermicompost application on seed yield and quality in fababean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(2), 139-154 .
- Pashaki, K. M., Reza Mohsenabadi, G., Boroumand, H., & Majidian, M. (2016). The effect of the combined chemical, bio and vermicomposting fertilizers on yield and yield components of *Vicia faba* L. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 5(3), pp. 683-697 .
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 1, 1-19 .
- Pérez, L., González, H., Bernal, L., Rubí, A., Gutiérrez, R., Ramírez, D., & Franco, M. (2019). Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en haba. *temas selectos en la innovación de las ciencias agropecuarias.(Comp.)*. *Salgado, SML*, 112-130 .
- Rajkhowa, D., Gogoi, A., Kandali, R., & Rajkhowa, K. (2000). Effect of vermicompost on green gram nutrition. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 48(1), 207-208 .
- Reddy, M. (1988). effect of casts of *Pheretima alexandri* (Beddard) on the growth of *Vinca rosea*, and *Oryza sativa* L. *Earthworms in waste and environmental management/edited by*

casts and in the surrounding soil of a pineapple plantation. *Biology and Fertility of Soils*, 8, 178-182 .

Ugar, O. (2021). Effects of microbial fertilizer and vermicompost applications on the yield and yield related parameters of broad bean (*Vicia Faba* L.) under Eastern Mediterranean highland agroclimatic conditions. *Legume Research-An International Journal*, 44(7), 838-841 .

Zambare, V., Padul, M., Yadav, A., & Shete, T. (2011). Vermiwash: biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner .



Effect of Different Plant Growth Regulators on Somatic Embryogenesis Induction from Immature Female Inflorescences of Date palm *cv.* Bronsi

Khalifa M. Milad^{1*}, Abdusaalam Ben hamida¹ and Zuher bensaad²

¹ Agricultural Research Center, Libya

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Libya

ARTICLE HISTORY	<p>Abstract: A study was conducted to determine the effect of different growth regulators on somatic embryogenesis induction and micropropagation of date palm <i>cv.</i> Bronsi. using immature female inflorescence. Unopened spathes were collected, flower strands removed, and surface sterilized by using commercial sodium hypochlorite solution Clorox (1.05%), then flowers were cultured onto full strength MS medium supplemented with various concentrations of 2,4-D, IBA, Kinetin (Kin), and isopentenyl adenine (2ip) and incubated in the dark at 27°C for four months. Some plant explants showed a response in embryogenic callus formation, which were then subcultured on MS growth regulators-free media with the addition of 0.5 mg.L-1 GA₃. The highest number of growing shoots and shoot length were obtained from somatic embryos developed on 2ip (0.2) +Kin (0.2) +IBA (0.5) + GA₃ (0.5) containing medium. To encourage root growth and elongation, embryos were transferred to an MS medium provided with NAA at concentrations of 0.1, 0.5, and 1.0 with the addition of BA at 0.2 mg.L-1. Using NAA (0.1) with BA (0, 2) achieved the highest number of roots per plant (8.0) and root length (10.4 cm).</p>
Received: 16 April 2023	
Accepted: 20 May 2023	
Keywords: Somatic embryogenesis, Shoots, <i>cv.</i> Bronsi, Growth regulators, Date palm.	

تأثير بعض منظمات النمو على تكوين الأجنة الجسدية باستخدام النورات الزهرية المؤنثة غير الناضجة لنخيل التمر صنف برنصي

الكلمات المفتاحية : الأجنة الجسدية ، الأفرخ، برنصي ؛ منظمات النمو؛ نخيل التمر.	<p>المستخلص : أجريت هذه الدراسة لمعرفة تأثير بعض منظمات النمو علي تعزيز تكوين الأجنة الجسدية، والإكثار الدقيق لنخيل البلح صنف برنصي من النورات المؤنثة غير الناضجة (immature young inflorescence) جزءاً نباتياً. جمعت الأغاريض غير المتفتحة وأزيلت منها الشماريخ، وتم تعقيمها سطحياً باستخدام هيبوكلوروات الصوديوم التجاري كلوركس (بتركيز 1.05%). أخذت أزهار، وزرعت في وسط Murashige & Skoog (MS) يكامل الأملاح يحتوي على Indole butyric acid ، 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) ، 2ip) dimethylaminopurine، (IBA) Kinetin (Kin) و (2ip) بتراكيز محددة. حضنت المزارع النسيجية في الظلام عند درجة حرارة 27°م لمدة 4 أشهر. أظهرت بعض المستأصلات المزروعة استجابة في تكوين الكالس الجنيني (embryogenic callus)، أعيد استزراعها على وسط MS خال من 2,4-D مع إضافة 0.5 ملجم/لتر Gibberellic acid (GA₃). تفوقت التوليفة (GA₃) (0.5) + 2 ip (0.2) + Kin (0.2) + IBA (0.5) (كل التركيزات ملجم/لتر) على باقي التوليفات في عدد النموات الخضرية النامية من الأجنة وطولها. وللمساعدة في نمو الجذور، واستطالتها، نقلت الأجنة النابتة إلى وسط MS المزود بـ Naphtatene acetic acid (NAA) بتراكيز 0.1، 0.5، و 1.0 ملجم/لتر مع إضافة Benzyl adenine (BA) بتركيز 0.2 ملجم، حيث ساهم الوسط المزود بـ NAA (0.1 ملجم) و BA (0.2 ملجم) في الحصول على أفضل نتيجة في عدد الجذور للنبات (8.0) وطولها (10.4 سم) على التوالي.</p>
--	--

الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا، حيث تعد ثمارها مصدراً غذائياً جيداً لكونها غنية بالسكريات، والفيتامينات، والعناصر المعدنية ، كما أنها تدخل في العديد من الصناعات الغذائية

المقدمة

نخيل التمر من أشجار الفاكهة المهمة خاصة في منطقة

* خليفة محمد ميلاد: www.khlef62@gmail.com، قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا.

(أبوالسعود وآخرون، 2004)، وبدأ البحث في استخدام أجزاء نباتية أخرى منها النورات الزهرية، خصوصاً المؤنثة female inflorescence، حيث تميزت هذه الطريقة بالحصول على العدد الكافي من النورات المستخدمة في عملية الإكثار حيث يحتوي الأغريض الواحد على عدد يتراوح من 3000 إلى 5000 زهرة، وتتميز بقلّة التلوث الفطري، والبكتيري، وفي حالة أشجار النخيل التي تجاوزت مرحلة إنتاج الفسائل (ابحمان، 2001)، إضافة إلى قدرتها على التوالد في وقت أقصر من باقي أنواع المستأصلات (Gadalla, 2017) دأبت الأبحاث حول استخدام النورات الزهرية المؤنثة في الإكثار الدقيق لنخيل التمر في منتصف الثمانينات من القرن الماضي (Abahmane, 1998, 2013; Abdelaziz et al., 2019; Loutfi & Chlyah, 1998؛ ابحمان، 1999، ابحمان وآخرون، 2001، خيرالله 2007، المياحي، 2008). في دراسة قام بها (أبوالسعود وآخرون، 2004) على استخدام تقنية زراعة الأنسجة في إكثار نخيل التمر صنف زغول أكد الباحثون على ضرورة البحث على أجزاء نباتية بديلة للقمة النامية لنخيل التمر حتى يمكن استخدامها في الإكثار الدقيق، حيث استخدم الشماريخ الزهرية المؤنثة بطول (2.5، 7 و 20 سم)، وخلص إلى أن زراعة الشماريخ الزهرية بطول 7 سم يجب أن توجه لإنتاج الأفرع الخضرية المباشرة (caulogenesis) لارتفاع استجابتها، وأظهرت الدراسة عدم جدوي استخدام النورة البالغة التي تحمل أنسجة متكشفة.

تعد منظمات النمو من أهم المركبات التي يحتاجها النبات بتركيزات محددة لها تأثيرات فسيولوجية متعددة، ومن منظمات النمو المعروفة الأوكسينات مثل اندول حمض البيوتريك Indole butyric acid (IBA)، ونفثالين حمض الخليك Naphthalene acetic acid (NAA)، وكذلك السيتوكينات مثل الكاينتين Kinetin (KIN)، وبنزيل أدنين Benzyadenine (BA) التي تقوم بتنظيم تطور الأعضاء النباتية وتكشفها في أجزاء النبات. يعتمد التوالد في مزارع الأنسجة على التركيز، والتوازن بين الأوكسينات إلى

(البكر، 1972)، وساهمت بشكل كبير اقتصادياً، واجتماعياً في ازدهار، واستقرار هذه المناطق. يعتمد الإكثار الخضري للنخيل على الفسائل الموجودة على النخلة الأم، وهي الطريقة المثلى، ولكن تصاحب هذه الطريقة عدة صعوبات منها: أن العملية مكلفة، ومجهدة، وتحتاج الفسيلة لعناية كبيرة للحفاظ على منطقة الفصل دون تلوث، أو الإضرار ببعض الجذور، أو جفاف الفسائل، أو أن أعداد الفسائل غير كافية للزراعات الجديدة (ابراهيم وخليف، 2004). ونظراً لهذه الصعوبات فقد اتجه العديد من الباحثين إلى استخدام تقنية زراعة الأنسجة النباتية لغرض توفير أعداد كبيرة من الفسائل للأصناف الممتازة للزراعات الجديدة.

تعود أولى الدراسات على زراعة الأنسجة في نخيل التمر مع بداية السبعينيات من القرن الماضي، حيث نشرت أولى التقارير بواسطة (Schroeder, 1970) الذي قام باستزراع الأجنة، والقمة المرستيمية، ولكن بنجاح محدود، واهتم الباحث Tisserat بإجراء بعض الدراسات عن الإكثار الدقيق لنخيل التمر حيث نشر بعض الأوراق العلمية في هذا الخصوص (Tisserat, 1979; Tisserat & DeMason, 1980)، كما نشرت مراجعات (reviews) حول زراعة الأنسجة في نخيل التمر (Al-Khayri & Naik, 2017; Mazri & Meziani, 2015)، وساهم كثير من الباحثين من دول المغرب العربي، ومصر، والعراق، ودول الخليج العربي على إلقاء الضوء على العوامل المؤثرة على تطور النخيل في مزارع الأنسجة، وتركزت الأبحاث حول تأثير نوع المستأصل، وحجمه، مكونات الوسط الغذائي (Classic Murashige & Skoog, 1962) ومنظمات النمو، وطرق التوالد في مزارع الأنسجة، وظروف التحضين على نجاح الزراعة النسيجية (الكعبي وآخرون، 2009، خيرالله 2009)، كما درس (Mazri et al., 2016) الاحتياجات الغذائية في زراعة الأنسجة بشكل مفصل للصنف مجهول. هذا واتضح بعض المشاكل الناتجة من استخدام القمة الخضرية مثل: مشكلة التلوث، والتلون البني، وقلّة الأجزاء المستخدمة في عملية الإكثار،

تحضير الوسط الغذائي: تم استخدام الوسط الغذائي Murashige and Skoog 1962 كما هو موضح في الجدول رقم (1) مع إضافة منظمات النمو، والفحم المنشط Activated charcoal 3 ملجم/لتر والأجار 7 جرام/لتر بهدف تصلب الوسط الغذائي بعدها تم ضبط pH الوسط الغذائي في حدود 5.6 إلى 5.8 وذلك عن طريق جهاز pH meter، وتعقيم الوسط الغذائي في جهاز التعقيم Autoclave على درجة حرارة 121 درجة مئوية، وضغط جوي 1.2 بار، ولمدة 15 دقيقة.

التعقيم السطحي: أحضرت الأغاريض إلى المختبر في يوم الزراعة نفسه، حيث رشت سطحياً بالايثانول (70%) عدة مرات وبعدها فتحت باستخدام مشرط معقم (داخل كابينة العزل)، واستخرجت الشماريخ الزهرية، وقطعت إلى قطع بطول 10 سم تقريباً، ووضعت في برطمانات معقمة، وغمرت المستأصلات (الشماريخ الزهرية) بمحلول هيبوكلورات الصوديوم التجاري المخفف بتركيز 1.05% لمدة 15 دقيقة مع إضافة مادة توين (Tween-20) معدل 1.0 مللتر لكل 100 مللتر) مع الرج. بعدها غسلت المستأصلات بالماء المقطر المعقم ثلاث مرات، وفي كل مرة 5 دقائق.

الزراعة: بعد الانتهاء من عملية التعقيم السطحي، زرع عدد 3 زهرات في كل برطمان على وسط MS بكامل تركيز الأملاح، ونقلت إلى حجرة التحضين في الظلام عند درجة حرارة 27م° لمدة 4 أشهر. ثم نقلت تحت ظروف الإضاءة (2000 لكس تقريباً) بفترة زمنية 16 ساعة إضاءة 8 ساعات ظلام.

اختبر تأثير الأوكسين D-2,4-بتراكيز 0.0، 0.5، 1.0 و 1.5 ملجم/لتر مع IBA بتركيز 0.5 ملجم/لتر، والسيتوكينين zip-2، و Kn بتركيز 0.2 ملجم/لتر، حيث أضيفت جميع منظمات النمو إلى الوسط الغذائي قبل التعقيم. حضنت المزارع النسيجية في الظلام لمدة 4 أشهر لمعرفة مدى تأثير منظمات النمو على تطور الأزهار، وتكوين الكالس الجيني، ثم نقلت إلى وسط خال من D-2,4 لغرض

السيتوكينات فزيادة نسبة الأوكسين إلى السيتوكينين يشجع تكوين الجذور، والكالس وزيادة نسبة السيتوكينين إلى الأوكسين تشجع تكوين البراعم الخضرية، وتعادل النسبة بينهما يسمح بتكوين البراعم الخضرية، والجذور معاً (الرفاعي، والشوبكي 2002) وقد أكد عدد من الباحثين على ضرورة وجود منظمات النمو في الوسط الغذائي المستخدم في إكثار نخيل التمر لما لها من دور مهم في عملية انقسام الخلايا، وتكاثرها، وخاصة منظم النمو ثنائي كلوروفينوكسي حمض الخليك 2,4-Dicholophenoxy acetic acid في تكوين الكالس. كما أن نمو الخلايا، والأنسجة، وتكشفها إلى براعم خضرية، أو جذور يكون واضحاً عند إضافة واحد، أو أكثر من هذه المنظمات إلى الوسط الغذائي. أكد الباحث (الخليفة، 2011) على أن الأكسينات، والسيتوكينينات تشترك كل منهما في التوازن، وتتحكم في توجيه النمو من تكوين الجذور إلى نمو السيقان، والأوراق.

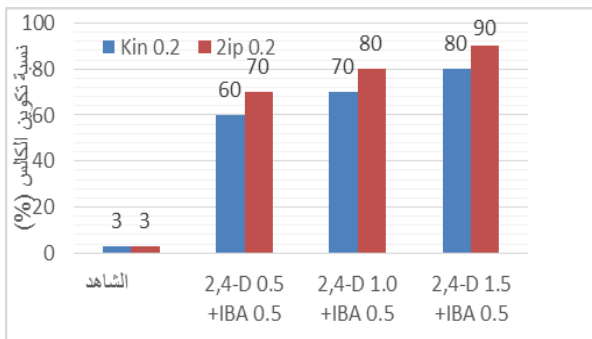
في ليبيا لم تحظ شجرة نخيل باهتمام الباحثين لتطبيق التقنيات الحيوية، هذا ويعدّ صنف برنصي من أصناف النخيل المحلية الممتازة التي تستهلك في مرحلة الرطب، وتنتشر زراعته في بعض مناطق الشريط الساحلي، يهدف هذا البحث إلى معرفة تأثير بعض منظمات النمو على الإكثار الدقيق لهذا الصنف باستخدام النورات المؤنثة غير الناضجة.

المواد وطرق البحث

أجرى هذا البحث في مركز البحوث الزراعية، والحيوانية بمختبر زراعة الأنسجة النباتية بطرابلس في الفترة من 2018 - 2019 لدراسة استجابة نورات نخيل التمر غير الناضجة صنف برنصي للزراعة النسيجية. تم الحصول على النورات الزهرية المؤنثة من بعض اشجار النخيل بمنطقة عرادة بطرابلس، وبمجرد خروج الأغاريض مباشرة وبطول من 7-10 سم، قطعت ووضعت في أكياس بولي إيثيلين وأحضرت إلى المختبر.

النتائج والمناقشة

يتضح تأثير تركيز منظمات النمو على نسبة تكوين الكالس باستخدام 2,4-D، و IBA مع استخدام نوعين من السيتوكينين 2ip، و Kin حيث سجلت أعلى نسبة تكوين الكالس 90% باستخدام 2ip 0.2 + IBA 0.5 + 2,4-D 1.5 في كلا D ملجرام / لتر، ومع زيادة تركيز الأوكسين -2,4D في كلا النوعين من السيتوكينين (الشكل 1).



شكل (1). تأثير تركيز الأوكسين 2,4-D مع السيتوكينين 2ip أو kin على نسبة تكوين الكالس على الشماريخ الزهرية لنخيل التمر صنف برنصي (جميع التراكيز ملجم/ لتر) .

تتفق هذه النتائج مع نتائج مشابهة تحصل (Abdelaziz et al., 2019) عند الإكثار الدقيق لصنفين من نخيل التمر الزغلول، والبارحي باستخدام النورات المؤنثة غير الناضجة، وتأثير توليفات متنوعة من منظمات النمو (2,4-D 1+0.1 NAA 0.1 + IBA 0.1) ملجم/لتر خلال ثلاث سنوات متتالية حيث سجلت النتائج أعلى معدل لإنتاج الكالس في كلا الصنفين زغلول، وبارحي، الذي أظهر استجابة أعلى لتكوين الكالس من صنف زغلول، وخاصة في عدد الأيام اللازمة لتكوين الكالس. وكذلك مع ما أورده الباحثان (Tisserat & DeMason, 1980) حول إكثار نخيل التمر عن طريق تحفيز الشماريخ الزهرية على تكوين الكالس حيث تحصل على الكالس بعد 8 إلى 16 أسبوعاً من الزراعة، كما أشار (Zaid & Tisserat, 1983) إلى ضرورة وجود تركيز عال من الأوكسينات في الوسط الغذائي للمحافظة على نمو، وتمايز الكالس مع النقل، وإعادة الزراعة

اكتمال تطور الأجنة الجسمية، ونموها مع إضافة منظم النمو حمض الجبريليك GA₃ بتركيز 0.5 ملجم/لتر. ثم نقلت المزارع النسيجية إلى ظروف الإضاءة، وعند وصول النموات الخضرية لطول 10 سم تقريباً نقلت لوسط MS يحتوي على NAA، و BA مع إضافة الفحم المنشط بتركيز 1.5 جرام /لتر لغرض المساعدة في نمو الجذور. سجلت البيانات عن نسبة تكوين الكالس، وعدد الأجنة للكالس، ومتوسط طول النموات الخضرية (سم)، وعدد الجذور، وطولها (سم).

صُممت التجربة بالتصميم العشوائي الكامل، وأجرى تحليل التباين (ANOVA)، وعند وجود فروق معنوية تم عزل المتوسطات باستخدام اختبار Tukey.

جدول رقم (1). مكونات الوسط الغذائي MS

الكمية (ملجم /لتر)	أسم المكون
العناصر الكبرى	
370	MgSO ₄ . 7H ₂ O
170	KH ₂ PO ₄
1900	KNO ₃
1650	NH ₄ NO ₃
440	CaCl ₂ . 2H ₂ O
العناصر الصغرى	
6.2	H ₃ BO
22.3	MnSO ₄ . 4H ₂ O
8.6	ZnSO ₄ . 7H ₂ O
0.25	NaMoO ₄ . 2H ₂ O
0.025	CuSO ₄ . 5H ₂ O
0.25	CoCl ₂ . 6H ₂ O
0.83	KI
27.8	FeSO ₄ . 7H ₂ O
37.3	Na EDTA. 2H ₂ O
30	Sucrose (g)
الفيتامينات	
0.5	Thiamine HCl
0.5	Pyridoxine HCl
0.5	Nicotinic acid
100	Myo-inositol
2	Glycine
5.8	pH

حيث النوع، والتركيز، وطبيعة التفاعل مع بعضها، ومع الهرمونات النباتية الداخلية، والمكونات الأخرى للوسط الغذائي له تأثير مباشر على نمو تمايز الأجزاء المزروعة في الأنابيب. أشار (Tisserat, 1979) بضرورة نقل الكالس الجنيني المزروع على وسط غذائي يحتوي على تركيز عال نسبياً من الأوكسين إلى وسط غذائي آخر خال من منظمات النمو يحتوي على الفحم المنشط لمواصلة نموه، ولتكوين الأجنة الجسدية، وإنباتها. تعد طريقة تكوين الأجنة الجسمية من أنسجة الكالس من أكثر زراعة الأنسجة استخداماً في الإكثار التجاري لنخيل التمر لكون الأجزاء النباتية المستأصلة من النبات الأم في هذه الطريقة مكونة من خلايا جسمية فمن الناحية النظرية يجب أن تكون النباتات الناتجة من الإكثار مطابقة لأمهاتها من الناحية الوراثية ربط (Al-Khayri, 2003) بين طبيعية إنبات الأجنة الجسدية في الأنابيب، ونوع الأوكسين الخارجي المضاف للوسط الغذائي، فوجد أن عدد الشتلات الطبيعية، والكاملة يكون أعلى في الوسط الغذائي المحتوى على الأوكسين IBA مقارنة بالوسط الغذائي المحتوى على الأوكسين NAA.

جدول (2) تأثير توافق منظمات النمو على عدد الأجنة الجسمية، وطول النموات الخضرية في نخيل التمر صنف برنصي بعد 60 يوم من الزراعة .

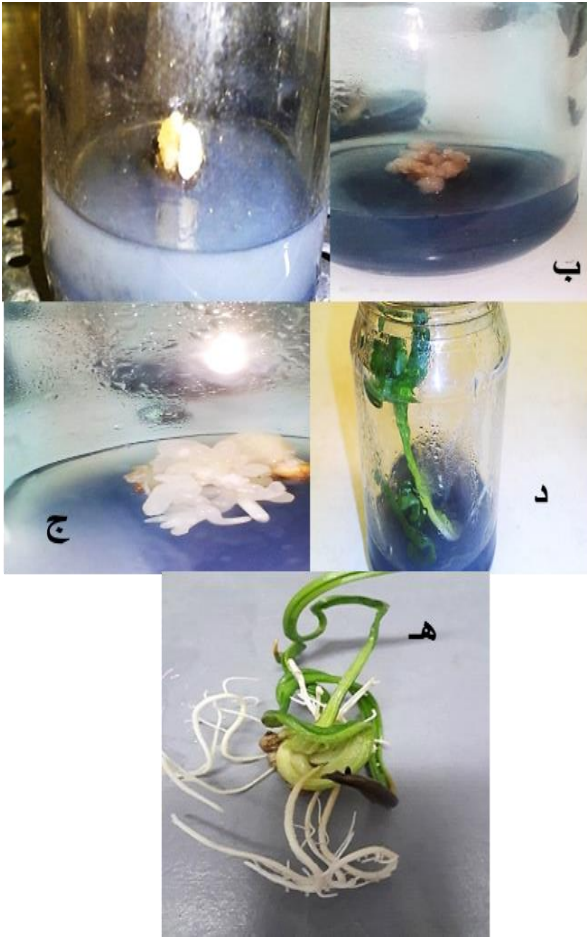
متوسط طول النموات الخضرية	عدد الأجنة/مستأصل	تركيز منظمات النمو (ملجم/لتر)	نوع منظمات النمو
0.0c	0.0c	0.0	المقارنة
11.4a	3.4ab	2.0+0.5+0.5	2Ip+IBA+GA3
10.0a	2.2b	0.2+0.5+0.5	Kn+IBA+GA3
13.2a	3.6a	0.2+0.2+0.5+0.5	2ip+kn+IBA+GA3

المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه لا توجد بينها فروق معنوية باستخدام اختبار Tukey عند مستوى 5%.

تشجيع نمو الجذور: أشارت النتائج في الجدول رقم (3) إلى أن الأوساط الغذائية الحاوية على BA + NAA لها تأثير معنوي على معدل عدد الجذور حيث سجلت المعاملة (0.1 BA + 0.2 NAA) أعلى معدل لعدد الجذور بلغ

مرة كل شهرين، بينما أشار (Tisserat, 1979) إلى ضرورة نقل الكالس الجنيني المتكون على وسط غذائي يحتوي على تركيز عال نسبياً من الأوكسين إلى وسط غذائي خال من منظمات النمو، ويحتوي على الفحم المنشط لمواصلة نمو، ولتكوين الأجنة الجسمية وإنباتها.

تكوين وتمايز الأجنة الجسمية: تشير النتائج المتحصل عليها في جدول رقم (2) إلى التفوق المعنوي للمعاملة (2ip 0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin) في عدد النموات الخضرية حيث بلغ متوسط عدد النموات 3.6 نمواً خضرياً على المعاملة الثالثة (0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin) والشاهد، وكذلك تفوقت المعاملة الثانية (2ip 0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin)، والثالثة (0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin) على المتوسطة (0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin) حيث بلغ متوسط عدد النموات 3.4 و 2.2 على التوالي. قد يفسر سبب تفوق المعاملة (2ip 0.5 GA₃ + 0.5 IBA + 0.2 kin) للمجم/لتر إلى أنها حققت التوازن الهرموني المطلوب لتكشف الأجنة الجسمية. من جانب آخر أن تزويد الوسط بالأوكسين بتركيز منخفض ضمن التوليفة المستخدمة في التضاعف الخضري وحفز نمو الأفرع الجانبية، وقلل من التأثيرات المرتفعة للسيتوكينين المثبطة لاستطالة الأفرع (Nehra & Kartha, 1994). كما ورد في نتائج دراسات عدد من الباحثين (Daguin & Letouze, 1988; Veramendi & Navarro, 1997) أهمية بقاء أنسجة نخيل التمر في وسط غذائي يحتوي على تركيز عال نسبياً من الأوكسين لفترة تتراوح ما بين 6 أشهر، إلى 17 شهر للحصول على كالس جنيني، وبالتالي تكوين أجنة جسدية قادرة على الإنبات، وتكوين شتلات طبيعية. وذلك (Gabr & Tisserat, 1985) أن نمو الكالس، وتكوين الأجنة الجسمية يزداد بزيادة عدد مرات إعادة الاستزراع حيث تم الحصول على 15 إلى 100 جنين جسدي بعد 3 إلى 5 مرات من عملية النقل، وإعادة الاستزراع. قد يعزى التأثير الإيجابي لعملية النقل، وإعادة الزراعة على النمو، والتمايز إلى تشبيب الأنسجة المزروعة، ويبدو أن لمنظمات النمو المضافة، من



شكل رقم (2): مراحل تكوين الأجنة الجسمية، وانباتها في نخيل التمر صنف برنصي بعد 6 أشهر من الاستزراع، (أ): بداية انتفاخ الأزهار، (ب) بداية تكوين الكالس وبواد الأجنة الجسمية على وسط MS خال من 2,4-D، (ج) نمو وتطور الأجنة الجسمية من الكالس، (د)، استظالة النموات الخضرية بعد 32 أسبوع من الزراعة. (هـ) تشجيع نمو الجذور على وسط MS يحتوى 0.2 NAA +0.1 BA.

الاستنتاج

تعد هذه الدراسة الأولى محليا لمحاولة إكثار نخيل التمر صنف البرنصي باستخدام النورات الزهرية غير الناضجة عن طريق تكوين الكالس الجنيني. أظهرت النتائج أنه يمكن استخدام قطع الشماريخ التي تحتوي على الأزهار، وتعقيهما ثم زراعة الأزهار على وسط MS يحتوي على 2,4-D و IBA مع استخدام السيتوكينين ip2 و Kin ولغرض تشجيع نمو الجذور استخدم NAA و BA بتركيز 0.1 و 2.0 ملجم لتر على التوالي.

(8.0) يليها المعاملة (NAA0.2+BA1.0) بمعدل بلغ (7.4)، في حين لم يلاحظ أي فرق معنوي بين المعاملة الثالثة (NAA0.2+BA0.5) والشاهد. تعد مرحلة التجذير من المراحل المهمة في الإكثار الدقيق، ففيها يتم تكوين مجموع جذري جيد قادر لزيادة كفاءة امتصاص الماء، والعناصر الغذائية في مرحلة الأقامة. كما تؤدي الأوكسينات دورا فعالاً في تكوين الجذور، حيث وجد أن انقسام الخلايا التي تكون مبادئ الجذور (roo initials) يعتمد على وجود الأوكسين في الوسط الغذائي، كما أن لنوع الأوكسين وتركيزه أهمية في زيادة تجذير النموات الخضرية (Wang & Charles, 1991). وتعود فعالية NAA في التجذير لامتلاكه عدداً كبيراً من الأواصر المزدوجة إضافة إلى قصر السلسلة الجانبية الحامضية المرتبطة (محمد ويونس 1991).

أما بالنسبة لطول الجذور فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين التوليفات المستخدمة عدا الشاهد حيث سجل أعلى معدل لطول الجذور عند المعاملة (NAA0.1+ BA 0.2) بمعدل 10.4 سم بدون فرق معنوي، ثم المعاملة (NAA 1.0+ BA 0.2) بمعدل 10.0 سم يليها المعاملة (NAA 0.5+ BA 0.2) بمعدل 8.4 سم. إن عدم وجود فروق معنوية بين التوليفات المستخدمة قد يعزى إلى نسبة التركيز بين الأوكسين السيتوكاينين، حيث إن معدل طول الجذور أخذ في التناقص مع زيادة تركيز الأوكسين من 0.1 إلى 1.0 ملجم/ لتر.

جدول (3). تأثير NAA و BA على عدد الجذور وطولها.

نوع منظم النمو	تركيز منظم النمو (ملجم/لتر)	عدد الجذور/نبات	طول الجذور (سم)
المقارنة	0.0a	0.0b	0.0b
NNA+BA	0.2+0.1	8.0a	10.4a
NNA+BA	0.2+0.5	3.8ab	8.4a
NNA+BA	0.2+1.0	7.4a	10.0a

المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف لا توجد بينها فروق معنوي باستخدام اختبار Tukey عند مستوى 5%

وحاضرها، والجديد في زراعتها، وصناعتها،
وتجارتها. مطبعة العاني. بغداد. العراق.

الخليفة، ناصر بن صالح(2011) استخدام تقنية زراعة
الأنسجة في إكثار النخيل، المركز الوطني للتقنية
الزراعة، مدينة الملك عبدالعزيز، ص 24.

الرفاعي، عبدالرحيم توفيق، وسمير عبدالرزاق الشويكي
(2002). تقنيات القرن 21 لتحسين النباتات
باستخدام زراعة الأنسجة. منشورات دار الفكر
العربي. القاهرة، مصر.

الكعبي، أنسام مهدي صالح، هدى عبدالكريم طه، ومنتهى
جود كاظم (2009). تأثير بعض المستخلصات
النباتية المضافة للوسط الزراعي المعد لإنماء نخيل
التمر (*Phoenix dactylifera* L.) صنف
الأشقر خارج الجسم الحي. مركز أبحاث النخيل،
جامع البصرة. كلية الزراعة. مجلة أبحاث البصرة
العدد الخامس والثلاثون، الجزء الرابع: 1-6.

المياحي، أحمد ماضي وحيد (2008). إكثار بعض
أصناف النخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.)
بتقنية زراعة الأنسجة. أطروحة
دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة البصرة.

خيرالله، حسام سعد الدين محمد (2009). استخدام
المؤشرات الجزيئية في الكشف المبكر عن حالات
الشذوذ المظهري في نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.)
المنتج بزراعة الأنسجة النباتية.
المؤتمر العلمي الثالث لكلية الزراعة جامعة بغداد.
ص 1057-1069.

محمد، عبدالعظيم كاظم، ومؤيد أحمد يونس (1991).
أساسيات فسيولوجيا النبات، الجزء الثالث، كلية
الزراعة، جامعة بغداد - العراق.

ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية
في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: المساهمة متساوية بين المؤلفين.

التمويل: هذه المخطوطة لم تحصل علي أي تمويل.

المراجع

ابجمان، العربي (1998). استخدام الأنسجة الزهرية
كأعضاء لإكثار النخيل بالطرق النسيجية.
إصدارات الندوة العلمية لبحوث النخيل، مراكش/
المغرب 16-18 فبراير. الصفحات: 256-260.

ابجمان، العربي (1999). الإكثار السريع للنخيل باستعمال
الأنسجة الزهرية. وقائع المؤتمر الدولي عن نخيل
البلح. جامعة أسيوط - مصر. الصفحات 385-
388.

ابجمان، العربي، محمد انجارن، ومحمد البوجرفاوي.
(2001). تكنولوجيا الزراعة النسيجية وأهميتها في
إكثار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.)
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي
القاحلة. دمشق. نشرة رقم 3.

إبراهيم، عاطف محمد، ومحمد نظيف حجاج
خليف (2004). نخلة التمر زراعتها، ورعايتها،
وإنتاجها في الوطن العربي. منشأة المعارف.
الإسكندرية. الطبعة الثالثة. الصفحات: 256-207.

أبو السعود، عادل، نبيل الشربيني، والسيد بكر (2004).
تخلق الأعضاء في النورة المؤنثة لنخيل البلح
صنف الزغلول. وقائع المؤتمر الدولي لنخيل
التمر. 6-8 أكتوبر، العريش، مصر.
الصفحات: 139-163.

البكر، عبد الجبار (1972). نخلة التمر ماضيها،

- (Phoenix dactylifera L.). *Scientia horticulturae*, 25(3), 255-262 .
- Gadalla, E. E.-D. G. (2017). Direct organogenesis from immature female inflorescence of date palm by gradual reduction of 2, 4-D concentration. *Date Palm Biotechnology Protocols Volume I: Tissue Culture Applications*, 27-35 .
- Loutfi, K., & Chlyah, H. (1998). Vegetative multiplication of date palms from in vitro cultured inflorescences: effect of some growth regulator combinations and organogenetic potential of various cultivars. *Agronomie*, 18(8-9), 573-580 .
- Mazri, M., & Meziani, R. (2015). Micropropagation of date palm: a review. *Cell Dev Biol*, 4(3), 160 .
- Mazri, M. A., Meziani, R., El Fadile, J., & Ezzinbi, A.-e. (2016). Optimization of medium composition for in vitro shoot proliferation and growth of date palm cv. Mejhoul. *3 Biotech*, 6, 1-11 .
- Nehra, N. S., & Kartha, K. K. (1994). Meristem and shoot tip culture: requirements and applications. *Plant cell and tissue culture*, 37-70 .
- Schroeder, C. (1970). Tissue culture of date shoots and seedlings. *Report. 47th annu. Date Grs' Inst.*, 47, 25-27 .
- Tisserat, B. (1979). Propagation of date palm (Phoenix dactylifera L.) in vitro. *Journal of Experimental Botany*, 30(6), 1275-1283 .
- Tisserat, B., & DeMason, D. (1980). A histological study of development of adventive embryos in organ cultures of Phoenix dactylifera L. *Annals of botany*, 46(4), 465-472 .
- Abahmane, L. (1998). Micropropagation of date palm (Phoenix dactylifera L.) selected clones by using inflorescence tissues. Proceedings of the international conference on date palm. ACSAD, Syria .
- Abahmane, L. (2013). Recent achievements in date palm (Phoenix dactylifera L.) micropropagation from inflorescence tissues. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 863-874 .
- Abdelaziz, A. M., Soliman, S., Heakal, R. M., Ahmed, T., & Hassanin, A. (2019). Micropropagation of zaghlool and barhy date palm cultivars using immature female inflorescence explants: effect of growth regulators balance. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 46(6), 2023-2035 .
- Al-Khayri, J. M. (2003). In vitro germination of somatic embryos in date palm: effect of auxin concentration and strength of MS salts. *Current Science*, 680-683 .
- Al-Khayri, J. M., & Naik, P. M. (2017). Date palm micropropagation: Advances and applications. *Ciência e Agrotecnologia*, 41, 347-358 .
- Classic Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 15, 473-497 .
- Daguin, F., & Letouze, R. (1988). Regeneration of date palm (Phoenix dactylifera L.) by somatic embryogenesis: improved effectiveness by dipping in a stirred liquid medium. *Fruits (France)* .(
- Gabr, M. F., & Tisserat, B. (1985). Propagating palms in vitro with special emphasis on the date palm

- Veramendi, J & Navarro, L. (1997). Influence of explant sources of adult date palm (*Phoenix dactylifera* L.) on embryogenic callus formation. *Journal of Horticultural Science*, 72(5), 665-671 .
- Wang, P.-J., & Charles, A. (1991). Micropropagation through meristem culture. *High-Tech and Micropropagation I*, 32-52 .
- Zaid, A., & Tisserat, B. (1983). Morphogenetic responses obtained from a variety of somatic explant tissues of date palm. *The botanical magazine= Shokubutsu-gaku-zasshi*, 96, 67-73 .