جامعة الزاوية
إدارة الدراسات العليا والتدريب
كلية العلوم
قسم الأحياء- شعبة علم النبات

مقارنة الزراعة المائية والزراعة في التربة في كفاءة استخدام الماء ونسبة الكلوروفيل والإنتاجية على نبات الجرجير *Eruca sativa* Mill.

Comparative of Hydroponic and Soil-Based Agriculture of Water Use Efficiency, Chlorophyll Percentage, and Productivity on *Eruca sativa* Mill.

إعداد:
وفاء أبوعجيله إبراهيم خماج

تحت إشراف:

د. ماجدة حسن علوان
أستاذ مساعد

د. آمال فرج احتيوش
أستاذ مساعد

رسالة مقدمة استكمالاً لمتطلبات الحصول على الإجازة العالية الماجستير في علم النبات
2023 -2024

الإقرار

أقر أنا **وفاء أبوعجيله إبراهيم خماج**، بأن ما اشتملت عليه الرسالة إنما هو نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبلي لنيل أي درجة علمية، أو بحث علمي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى، وللجامعة حق توظيف الرسالة، والاستفادة منها مصدرا مرجعيا للمعلومات، لأغراض الاطلاع أو الإعارة أو النشر، بما لا يتعارض و حقوق الملكية الفكرية المقررة بالتشريعات النافذة.

التوقيع: _____.

التاريخ: _____/_____/_____20م

الملخص

يتعرض النبات في التربة لإجهادات عديدة ناتجة عن شح ونوعية المياه وتيسر المغذيات، تؤثر في نهاية المطاف على نمو وإنتاجية النبات. و تهدف هذه الدراسة إلى التحقق من مدى فاعلية استخدام الزراعة المائية مقارنة مع الزراعة في التربة، حيث تمت زراعة بذور نبات الجرجير(*Eruca sativa* Mill)، في كل من النظامين الزراعيين، باستخدام نموذج للزراعة المائية ونموذج للزراعة في التربة، إضافة لذلك تم زرع ثلاثة أمتار مربعة كنموذج للزراعة في الأرض. وصممت التجربة طبقا للنظام العشوائي الكامل، بعدد (24) مكرراً، في منظومتي الماء والتربة، وتم قياس كل من نسبة الإنبات، ومحتوى الكلوروفيل، وكفاءة استخدام الماء، والإنتاجية، والصفات الظاهرية لنبات الجرجير المزروع في كل النماذج. وبينت النتائج أن هناك فروقاً معنوية جداً($P<0.001$) بين المُعاملات، حيث كانت نسبة الإنبات ومحتوى الكلوروفيل للزراعة المائية والزراعة في التربة (78.7%، 48 SPAD)، و (26%، 30SPAD) على التوالي، كما بينت نتائج هذه الدراسة أن متوسط كل من كفاءة استخدام الماء والإنتاجية لنبات الجرجير المزروع في النظام المائي كانتا (4) أضعاف مقارنة بنبات الجرجير المزروع في نظام التربة، أما نتائج الصفات الظاهرية لنبات الجرجير (طول المجموع الخضري والجذري، وقطر الساق، ومساحة الورقة) فكانت بتفوق الزراعة المائية. وتُعد هذه النتائج محفزة للقيام بالكثير من الأبحاث والخوض في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، نبات الجرجير، كفاءة استخدام الماء، مساحة الورقة، الإنتاجية.

Abstract

In the soil, plants are exposed to many stresses resulting from water shortage, water quality and nutrient availability, which ultimately affect the growth and productivity of the plant. This study aims to verify the effectiveness of using hydroponics compared to soil agriculture, where the seeds of *(Eruca sativa* Mill.) were planted in both agricultural systems, using a model of hydroponics and a model of soil. In addition, three square meters were planted as a model of field. The experiment was designed according to a completely randomized design (CRD), with 24 replicates for each model treatment. The germination rate, chlorophyll content, water use efficiency, productivity, and morphology characteristics of *(Eruca sativa* Mill.) grown in all models were measured. The results showed that there were very significant differences ($P<0.001$) between the treatments. The germination rate and chlorophyll content for hydroponics and soil cultivation were (78.7%, 48SPAD) and (26%, 30SPAD), respectively. The results of this study also showed that the average of both water use efficiency and productivity for *(Eruca sativa* Mill.) grown in the hydroponic system were four times higher than they were for *(Eruca sativa* Mill.) grown in a soil system. The results of the morphology characteristics of (*Eruca sativa* Mill.) [shoot and root length, stem diameter, and leaf area] were in favor of hydroponics. These results are considered stimulatin for research and delve into this field.

Key Words: Hydroponic, *Eruca sativa*, water use efficiency, leaf area, productivity.

الإهداء

إلى من ربياني صغيرا ورافقاني حتى هذا المسير، ولا زال العطاء منهما وفير

أمي وأبي

إلى الأثر الجميل وبركة النجاح

جدتي

(أطال الله عمرها و أمدها بالصحة والعافية)

إلى الضلع الثابت والسند الذي لا يميل

إخوتي

إلى رفيق الدرب والدراسة

زوجي الحبيب

إلى فلذة كبدي وثمرة فؤادي

ابني تميم.

الشكر والتقدير

الشكر والحمد لله الذي وفقني لإنجاز هذا العمل وبعد ...

أقدم كامل شكري وتقديري للدكتورة ماجدة حسن علوان، لإشرافها على هذه الرسالة، و ما قدمته لي من وقت وجهد، لتذلل لي الصعاب، وترشدني للصواب؛ فنعم من أعطيت له الشهادات فكانت رمزاً للعطاء، كما أشكر الدكتورة آمال احتيوش، على ما أبدته من مجهود وتوجيه لإنجاز هذه الدراسة، وفقهما الله و جزاهما عني خير الجزاء.

وإلى كل من علمني حرفا منذ نعومة أظافري، إلى أساتذتي الجامعيين في المرحلة التمهيدية، وإلى كل من استعنت به ولم يبخل بعلمه في إنجاز هذه الدراسة من الناحية العملية والنظرية، وأخص بالذكر المهندس عبدالرؤوف الشطي، المدير التنفيذي لدى شركة هيدروليبيا للزراعة المائية، والعاملين بشركة دلتا العلمية، والدكتورة فادية شخيم، وأخي المهندس عبد المعز خماج.

وإلى زوجي محمد جمعة شلغوم كل الشكر والتقدير، على ما قدمه لي من وقت وجهد من أول خطوات هذه الدراسة حتى إنجاز هذه الرسالة، وفقه الله وأعانه على دراسته للحصول على الماجستير.

وبروح الصداقة والمحبة أشكر رفيقة الدراسة نجلاء الصالح على كرم التعاون والإخلاص.

والشكر موصول لأعضاء لجنة المناقشة الأفاضل على تكرمهم بقبول مناقشة رسالة الماجستير هذه.

قائمة المحتويات

الإقرار ..... أ

الملخص ..... ب

Abstract ..... ج

الإهداء ..... د

الشكر والتقدير ..... ه

قائمة المحتويات ..... و

قائمة الأشكال ..... ط

قائمة الجداول ..... ي

قائمة الملاحق ..... ك

1.المقدمة 2

1.1 مشكلة البحث 3

2.1 أهمية البحث 3

3.1 أهداف البحث 3

4.1 فرضيات البحث 4

2 . الدراسات السابقة 6

1.2 الزراعة المائية 6

1.1.2 نشأة الزراعة المائية 6

2.1.2 مزايا الزراعة المائية 7

3.1.2 عيوب الزراعة المائية 7

4.1.2 المحاليل المغذية 8

5.1.2 توافر أيونات العناصر الغذائية للنبات في النظام المائي ونظام التربة. 9

6.1.2 أوساط الزراعة المائية 9

7.1.2 تأثير الزراعة المائية على الاستهلاك المائي. 11

8.1.2 تأثير الزراعة المائية على النمو والإنتاج. 11

9.1.2 تأثير الزراعة المائية على كفاءة امتصاص العناصر وتكوين المركبات. 12

10.1.2 تأثير الزراعة المائية على مقاومة النبات للآفات 12

11.1.2 تأثير الزراعة المائية على التعبير الجيني 13
12.1.2 تأثير الزراعة المائية على الصفات الظاهرية للنبات 13
13.1.2 تأثير الزراعة المائية على الناحية التسويقية. 13
2.2 نبات الجرجير 14
1.2.2 وصف نبات الجرجير 14
2.2.2 الموطن الأصلي لنبات الجرجير وأهميته الاقتصادية 14
3.2.2 التصنيف العلمي لنبات الجرجير..... 15
3. مواد وطرق البحث 18
1.3 نماذج التجربة..... 18
2.3 الأوساط الزراعية..... 19
3.3 ماء الري..... 20
4.3 النبات 22
5.3 خطوات العمل 22
6.3 أخذ القراءات..... 23
1.6.3 نسبة الإنبات..... 23
2.6.3 محتوى الكلوروفيل، باستخدام الجهاز SPAD Chlorophyll-meter 23
3.6.3 مساحة الأوراق، وطول المجموع الخضري، وذلك باستخدام برنامج IMAGE J التابع لشركة المايكروسوفت..... 24
4.6.3 طول الجذور 26
5.6.3 قطر الساق..... 26
6.6.3 الوزن الرطب..... 27
7.6.3 الوزن الجاف..... 27
8.6.3 تحديد كفاءة امتصاص العناصر الكبرىNPK..... 27
9.6.3 كفاءة استخدام الماء 29
7.3 التحليل الإحصائي..... 29
4. النتائج 31
1.4 تأثير نظام الزراعة على نسبة الإنبات 31

2.4 تأثير نظام الزراعة على محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الجرجير 33
3.4 تأثير نظام الزراعة على كفاءة امتصاص العناصر 34
4.4 تأثير نظام الزراعة على الصفات الظاهرية 35
5.4 تأثير نظام الزراعة على الإنتاجية وفترة النضج..... 36
6.4 تأثير نظام الزراعة على كفاءة استخدام الماء..... 38
5. المناقشة..... 40
6. الخلاصة..... 44
7. التوصيات 46
8. المراجع..... 48
1.8 المراجع العربية 48
2.8 المراجع الأجنبية 49
3.8 المواقع الإلكترونية..... 52
9. الملحق 54

قائمة الأشكال

شكل 1: تيسر العناصر للنبات في النظامين المائي والتربة. After(Dunn, 2013)..... 9
شكل 2: وسط البرلايت المستخدم في الزراعة المائية..... 10
شكل 3: نبات الجرجير وأجزاؤه الخضرية والزهرية والثمرية (Al-Shehbaz, 2012)..... 16
شكل 4: نموذج لنظام الزراعة المائية على اليمين ونموذج لنظام الزراعة في التربة على اليسار..... 18
شكل 5: نموذج للنظام الأرضي المتمثل في ثلاثة أمتار مربعة..... 19
شكل 6: جهاز قياس الحموضة..... 23
شكل 7: جهاز قياس الملوحة. 23
شكل 8: جهاز قياس محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الجرجير..... 24
شكل 9: نافذة برنامج Image J والأدوات التابعة لها..... 25
شكل 10: قياس مساحة أوراق نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية باستخدام برنامج Image J، على يسار الصورة نتائج قياس مساحة الأوراق المحددة في الصورة على اليمين. 25
شكل 11: قياس مساحة أوراق نبات الجرجير المزروع في منظومة التربة باستخدام برنامج Image J، على يسار الصورة نتائج قياس مساحة الأوراق المحددة في الصورة على اليمين. 26
شكل 12: قياس طول جذور نبات الجرجير المزروع في كل نظام بالمسطرة المدرجة..... 26
شكل 13: استخدام القدمة ذات الورانية الرقمية لقياس قطر الساق في نبات الجرجير النامي في المنظومة المائية على اليمين ومنظومة التربة على اليسار..... 26
شكل 14: الوزن الخضري الرطب لأصيص واحد من المنظومة المائية على اليمين ومنظومة التربة على اليسار. 27
شكل15 : تأثير نظام الزراعة على نسب إنبات بذور نبات الجرجير للمنظومة المائية ومنظومة التربة..... 32
شكل 16: الفرق في أعداد البذور النامية لنبات الجرجير في أصص المنظومتين. 33
شكل17 : تأثير نظام الزراعة على محتوى الكلوروفيل SPAD في أوراق نبات الجرجير في الأنظمة الثلاثة. 33
شكل18 : متوسط كفاءة امتصاص العناصر في نبات الجرجير(جم/100جم مادة جافة) في المنظومة المائية ومنظومة التربة..... 34
شكل19 : متوسط عدد الأوراق عل نبات الجرجير الواحد في كل من : المنظومة المائية، النظام الأرضي، ومنظومة التربة..... 36
شكل 20: عدد الأوراق على نبات الجرجير الواحد في كل من: المنظومة المائية (1)، النظام الأرضي (2)، ومنظومة التربة (3). 36
شكل21 : متوسط إنتاجية نبات الجرجير في المنظومة المائية ومنظومة التربة. 37
شكل 22: الفرق في حجم نبات الجرجير النامي في أصيص من المنظومة المائية مقارنة مع حجم النبات في أصيص من منظومة التربة، تم اختيارهما عشوائيا. 37
شكل23 : تأثير نظام الزراعة على متوسطات كفاءة استخدام نبات الجرجير للماء المزروعة في كل من المنظومة المائية و منظومة التربة. 38

قائمة الجداول

جدول 1: العناصر الأساسية، والأشكال الأيونية للمغذيات الصغرى، ومدى التركيز الطبيعي الموجود في معظم المحاليل المغذية.After (Jones, 2005) 8
جدول 2: الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة للزراعة..... 19
جدول 3: الخواص الفيزيائية والكيميائية لماء الري..... 20
جدول 4: محتويات و تركيز المحلول المغذي (هيدروليبيا)، الصنفA من العناصر الغذائية..... 21
جدول 5: محتويات و تركيز المحلول المغذي (هيدروليبيا)، الصنف Bمن العناصر الغذائية..... 21
جدول 6: القيم الاحتمالية (P value) للصفات المدروسة لنبات الجرجير بين المعاملات والمتحصل عليها من برنامج التحليل الإحصائي SPSS..... 31
جدول 7: الصفات الظاهرية لنبات الجرجير (طول المجموع الخضري، طول المجموع الجذري، قطر الساق، ومساحة الورقة) في كل نظام زراعي..... 35

قائمة الملاحق

ملحق 1: القيمة الغذائية لكل 100 جرام جرجير(After(Garg and Sharma,2014 54
ملحق 2 : صور متفرقة لنبات الجرجير وبعض من مواد وجوانب التجربة. 55
ملحق 3: مراحل الإنبات لنبات الجرجير في كلا النظامين من بدء الزرع حتى النضج. 57
ملحق 4: الأجهزة المستخدمة في تقدير نسبة العناصر الكبرى في النبات. 58
ملحق5 : نتائج التحليل الإحصائي لمتوسط (نسبة الإنبات، نسبة الكلوروفيل، كفاءة امتصاص العناصر الكبرى، الصفات الظاهرية، الإنتاجية، و كفاءة استخدام الماء) لنبات الجرجير المزروع في كل من النظام المائي والتربة. 59

المقدمة
Introduction

1.المقدمة

إن معظم سكان العالم لا غِنى لهم عن المحاصيل النباتية أكلاً و دواءاً وصناعةً، بل إن الاعتماد عليها في ازدياد مُطرد مع الوقت لمواكبة الزيادة في عدد السكان، لذلك كان لابد من إيجاد حلول لسد هذه الاحتياجات من المحاصيل النباتية.

إن العنصر الأساسي الذي يقوم عليه الإنتاج النباتي والذي يقف عائقا أمامه هو الماء، إذْ تكمن مشكلة الماء في كميته ونوعيته (Al- karaki and Al- Hashimi, 2012)، وهذا ما أكدته تقديرات الفاو بأن معظم مناطق العالم تستخدم أكثر من(70%) من المياه العذبة للزراعة، وأنه بحلول عام (2050) سيصبح العدد السكاني(9) مليارات شخص، الأمر الذي يستدعي زيادة تقدر بنحو(50%) في الإنتاج الزراعي، وزيادة بنسبة(15%) في سحب المياه (FAO, 2017). وعلى الرغم من وجود محاولات وجهود حثيثة لمواجهة تحديات مشكلة المياه بتقنيات خاصة، كالري بالتنقيط للتقنين والاستفادة قدر الإمكان من المياه وتحلية المياه المالحة، كما توجد توجهات أُخرى تخص النبات نفسه كزراعة وتربية نباتات تتحمل الملوحة والجفاف.

إن تأثر النبات بمشكلة نقص المياه في منطقة الجذور Plant Drought _stress ، يسبب له عرقلة في نموه وإجهادا له؛ الأمر الذي ينعكس سلبا على إنتاجه في نهاية المطاف، نتيجة لانخفاض في عملية التمثيل الضوئي، وزيادة في طول الجذور على حساب الكتلة الحيوية للمجموع الخضري منعكسا ذلك على الإنتاجية. (Gámez *et al.*, 2019 ؛ Samarah,2005)

ومن ضمن الإجهادات أيضا التي يتعرض لها النبات الإجهاد الملحي Plant Osmotic stress_، الذي يعرقل عملية امتصاص الماء من قبل النبات، وما له من تبعيات على العمليات الفسيولوجية الأخرى، كتثبيط عمل الأنزيمات، ومنع تخليق البروتين (Moaydi *et al.*, 2009)، مما يؤدي أحيانا إلى تثبيط و قتل العديد من النباتات، كما يحدث في أشجار الحمضيات شديدة الحساسية للملح (Greenway and Munns, 1980)، ويحد الإجهاد الملحي من نشاط التمثيل الضوئي. (Boyer, 1970)

كما يتعرض النبات أيضاً عند إضافة المادة العضوية له إلى repellency-induced water stress، وهو إجهاد ناتج عن نفور الماء عن حبيبات التربة، بسبب تغلفها بالمادة العضوية المضافة، والتي تحتوي في الغالب على مجاميع وظيفية كارهة للماء Hydrophobic.(Hassan, 2013)

وفي أحسن الظروف وبعيداً عن نقص الماء وتملحه، وما يسببه من إجهادات سابقة الذكر، فإن الصراع على جزيء الماء ما بين حبيبات التربة وجذور النبات، سيظل قائما مادام النبات مزروعا في التربة؛ بسبب ما يعرف بجهد الشد Soil-mattric potential. (Schmidt *et al.*, 2009)

اتجهت الأنظار في الآونة الأخيرة إلى أسلوب الزراعة المائية Hydroponic، الذي يتمثل في تنمية النباتات في أوساط خاملة؛ لدعم وتثبيت النبات، وباستخدام محاليل مغذية لا تتجاوز ملوحة المياه المستخدمة لتحضيرها (100) جزء في المليون، مما يعني أن هذا الأسلوب من الزراعة لا يُعرض النبات

للإجهادات السابقة الذكر، التي يتعرض لها النبات في الزراعة التقليدية في التربة، الأمر الذي سيوجه طاقة النبات إلى النمو والإنتاجية.

باتت تحضى الزراعة المائية حاليا بانتشار واسع في جميع أنحاء العالم، نظراً لإمكانية زراعة محصول قصير المدة مثل الخضروات على مدار العام، في مساحات محدودة للغاية، مع عمالة منخفضة؛ مما يناسب المناطق ذات المساحات الزراعية المحدودة، والمناطق ذات الطبيعة الصخرية. وعلى الرغم من أن ليبيا تحضى بمساحات شاسعة، إلا أن أراضيها محدودة الإنتاجية؛ بسبب قوامها الرملي وطبيعة مناخها الجاف، الأمر الذي يُحتِّم البحث عن وسيلة أخرى لتوفير الأمن الغذائي. وتعد الزراعة المائية حلا من الحلول المقترحة حديثا للرفع من الإنتاج الزراعي في ليبيا، فمشروع الجنة الخضراء بمنطقة القويعة، شرق العاصمة طرابلس، من المشاريع السباقة في هذا المجال، ومن الممكن أن يكون التوسُّع فيه خياراً استراتيجياً للاكتفاء الذاتي من المحاصيل في ليبيا، و إن هذا المشروع سيفتح الباب أمام تقنية زراعية ليبيا بأمس الحاجة إليها (الجنة الخضراء،2021). ومن هذا المنطلق فإن الزراعة المائية تعد من الأساليب الزراعية الجديدة في ليبيا، وذات جدوى لقيام العديد من الدراسات والمشاريع عليها.

1.1 مشكلة البحث

في ظل معوقات الزراعة في ليبيا من أراضي حدِّية ومياه ري ذات نوعيات رديئة للزراعة، هل اتباع أسلوب الزراعة المائية سيُسهم في الرفع من الإنتاج النباتي وزيادة في كفاءة استخدام النباتات للماء؟

2.1 أهمية البحث

تأتي أهمية هذا البحث في استخدام أسلوب الزراعة المائية على نبات الجرجير، الذي يعد من النباتات المهمة؛ نظرا لكونه من النباتات الاقتصادية ذات القيمة الطبية والغذائية التي تزرع في ليبيا، وتساهم هذه الدراسة مع نتائج الدراسات الأخرى العربية والعالمية في تطوير البحث العلمي في مجال الزراعة المائية، وإبراز مدى كفاءتها وفاعليتها على صفات النمو والإنتاجية.

3.1 أهداف البحث

- تقييم نسبة إنبات نبات الجرجير تحت نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في التربة.
- مقارنة التغير في الصفات المورفولوجية الحاصل لنبات الجرجير تحت نظام الزراعة المائية و نظام الزراعة في التربة.
- تقدير محتوى الكلوروفيل، وتقييم كفاءة امتصاص العناصر الغذائية(NPK) لنبات الجرجير تحت نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في التربة.
- مقارنة كفاءة استخدام الماء والإنتاجية لنبات الجرجير في نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في التربة.

4.1 فرضيات البحث

من خلال اطلاعنا على الأبحاث والدراسات المتعلقة بالزراعات المائية، ومدى فاعليتها في نمو النباتات، فإننا نتوقع وجود فروق معنوية بين زراعة النبات في التربة وبين زراعته في النظام المائي عند مستوى معنوية (0.05%).

حيث ستكون فرضيات البحث كالآتي :

- وجود تأثير على نسبة الإنبات باختلاف نوع وسط الزراعة.
- هناك تغيرات في الصفات المورفولوجية المتمثلة في (مساحة الأوراق، طول المجموع الخضري والجذري، قطر الساق، الوزن الرطب والجاف) تحت نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في التربة.
- وجود تأثير على محتوى النبات من المركبات الداخلية (النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكلوروفيل) بتغير نظام الزراعة.
- وجود فروق في الإنتاجية وفي كفاءة استخدام النبات للماء تحت نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في التربة.

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

H_0الفرضية الصفرية، H_1 الفرضية البديلة، μ_1 متوسط المتغيرات التابعة للزراعة المائية، μ_2 متوسط المتغيرات التابعة للزراعة في التربة.

الدراسات السابقة

Literature Review

2 . الدراسات السابقة

1.2 الزراعة المائية

1.1.2 نشأة الزراعة المائية

مند القرن السادس قبل الميلاد استخدمت الزراعة المائية في مدينة بابل لزراعة النباتات المزخرفة، التي عرفت باسم حدائق بابل المعلقة (Malik *et al.*, 2014). ويرجع أول عمل منشور عن الزراعة من دون تربة في كتاب Sylva Sylvarum أو (التاريخ الطبيعي)، الذي صدر في سنة (1627)، من تأليف العالم Francis Bacon، ونتيجة لعمله أصبحت الزراعة من دون تربة تقنية بحثية شائعة. وفي سنة(1699) نشر العالم الإنجليزي Johon Woodward تجاربه حول تنمية النباتات في الماء. تلتها محاولة العالم الفرنسي Jean Boussingault في منتصف سنة(1800)، لصنع تركيبة من المغذيات، واستخدامها في الزراعة من دون تربة، حيث تم تجميع قائمة من تسعة عناصر، يعتقد أنها ضرورية لنمو النبات. و اكتمل العمل في سنة (1860)على يد علماء النبات الألمان Sachs and Knope، بتطوير تقنية الزراعة من دون تربة، باستخدامهما تقنيات تعرف بالزراعة المغذية (Douglas,1975). و في الفترة ما بين سنة (1920) و بداية سنة(1930)، قام العالم Gericke بتطوير هذه التقنية على نطاق واسع، وأسماها Hydroponics، التي تأتي من كلمتين يونانيتين "Hydro" تعني الماء، و "ponic" وتعني العمل، حتى أصدر كتاب بعنوان: الدليل الكامل للزراعة من دون تربة (Gericke,1940). وانتقلت الزراعة المائية من أوربا إلى الولايات المتحدة الأمريكية في(1950)، لتنتشر بعد ذلك هذه التقنية في عدة دول في العالم، وتنتشر معها صناعة وتسويق المعدات الخاصة بها (Sneath and Mclntosh, 2003)، حتى وصل بها الاستخدام في مشاريع إنتاج الأعلاف الحيوانية، كما هو الحال في مشروع وحدات الأعلاف المائية الذي أنشأ سنة(2011) في ولاية غوا الهندية (Naik *et al.*, 2015). وفي سنة (2017) كان لدى كندا مئات الأفدنة من الزراعة المائية التجارية واسعة النطاق، والتي تنتج الطماطم والفلفل والخيار. (Schaefer, 2017)

تقسم **أنظمة الزراعة المائية** وفقا لي (Maucieri *et al.*, 2019 ؛Dunn, 2013) إلى:

- نظام الزراعة المائي المفتوح

يتم تمرير المحلول المغذي عبر جذور النباتات، ويتم التخلص منه أي غير قابل لإعادة التدوير، و يؤدي هذا النظام إلى إهدار المحلول المغذي؛ لأن معدل التدفق أكبر من معدل امتصاص العناصر الغذائية بواسطة جذور النباتات.

- نظام الزراعة المائي المغلق

يُمرر المحلول المغذي عبر الجذور، ويتم تجميعه في الخزان؛ لإعادة استخدامه، ويتناقص بذلك تركيز العناصر الغذائية في المحلول مع ازدياد حاجة النباتات له، وبالتالي يتطلب تجديداً منتظما

للعناصر، ويبقى هذا النظام أكثر كفاءة في استخدام الماء والعناصر الغذائية؛ وبالتالي تنخفض تكاليف الماء والمحلول المغذي.

2.1.2 مزايا الزراعة المائية

- تقليل وتجنب العديد من المشاكل التي تحدث أثناء الزراعة في التربة، مثل الإصابة بالأمراض التي تنتقل عن طريق التربة، أو بالحشرات، والآفات الزراعية، والأعشاب الضارة التي تنمو في التربة، ومن ثم يقلل كثيراً من استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الآفات، والمواد الكيميائية التي تستنزف خصوبة التربة؛ مما يؤكد على مساهمة الزراعة المائية في الحفاظ على البيئة.
- توفر جهداً، مقارنة بالزراعة في التربة، حيث لا تحتاج الزراعة المائية إلى المعاملات الزراعية التي تتطلب أدوات وعمالة كثيرة لحراثة الأرض وتجهيزها.
- نمو المحاصيل الزراعية بسرعة أكبر في وقت أقل من الزراعة في التربة، مما يوفر الوقت للمزارع.
- الاحتياج المائي للنبات أقل بكثير، حيث توفر ما نسبته(70-80%)، مقارنة بالزراعة في التربة.
- تعد الحل الأمثل للزراعة في الترب الحدّية، كالترب الملحية، والصخرية، والكلسية، والجافة.
- التحكم الكامل في محتوى المغذيات، ودرجة الحموضة، وبيئة النمو.
- عدم الالتزام بالدورة الزراعية.
- تساهم الزراعة المائية في الحصول على منتجات ذات جودة وقيمة غذائية عالية.
- الحصول على محصول ذي إنتاج عال ونظيف وغير متضرر، مقارنة بالزراعة التقليدية.

(Velazquez- Gonzalez *et al.*, 2022 ؛sharma *et al.*, 2019 ؛Dunn, 2013)

3.1.2 عيوب الزراعة المائية

- التكاليف الأولية والتشغيلية أعلى من الزراعة في التربة، حيث تتطلب لإنشائها معدات وأجهزة ذات تكلفة عالية نسبياً.
- هناك حاجة إلى المهارة والمعرفة للعمل بشكل صحيح.
- يتطلب مراقبة وصيانة مستمرة، حيث يحتاج النظام إلى يقظة مستمرة ومراقبة للأضواء والحموضة والأملاح، كما يحتاج محلول المغذيات إلى شطف واستبدال؛ لمنع التراكم والانسداد.
- ظهور بعض أنواع الطحالب؛ نتيجة توافر الماء والإضاءة.
- عرضة لانقطاع التيار الكهربائي، الذي سيؤثر على نظام الزراعة مالم يلاحظ المزارع ذلك.

(Velazquez- Gonzalez *et al.*, 2022 ؛ sharma *et al.*, 2019 ؛Dunn, 2013)

4.1.2 المحاليل المغذية

عبارة عن محاليل تستخدم في ري النباتات في المزارع المائية، وتحتوي على جميع العناصر الغذائية اللازمة للنباتات من مغذيات كبرى وصغرى، والتي يتراوح عددها من(14 إلى 17)عنصرا، بما تشمله من عناصر كبرى وصغرى، تختلف هذه المحاليل المغذية في تركيز العناصر بها بحسب نوع النباتات المزروعة. ومن الشروط التي يجب أن تتوفر في المحاليل المغذية ما يأتي:

- مراعاة درجة الحموضة pH في المحلول، بحيث تكون في حدود (5.5-6.5).
- أن يكون مدى تركيز الأملاح الأمثل لمعظم النباتات من (1.5 إلى 3.5) دسسمنز/م.
- مراعاة إضافة نسب المحلول المغذي بما يتناسب مع مراحل نمو وعمر النبات.
- الماء المستخدم لتحضير المحلول المغذي يجب أن لا تتجاوز نسبة الأملاح به (50-100) جزء في المليون.
- يجب أن يتحقق التوازن الأيوني بين العناصر الغذائية الموجبة والسالبة في المحلول المغذي.

(Meselmani,2022)

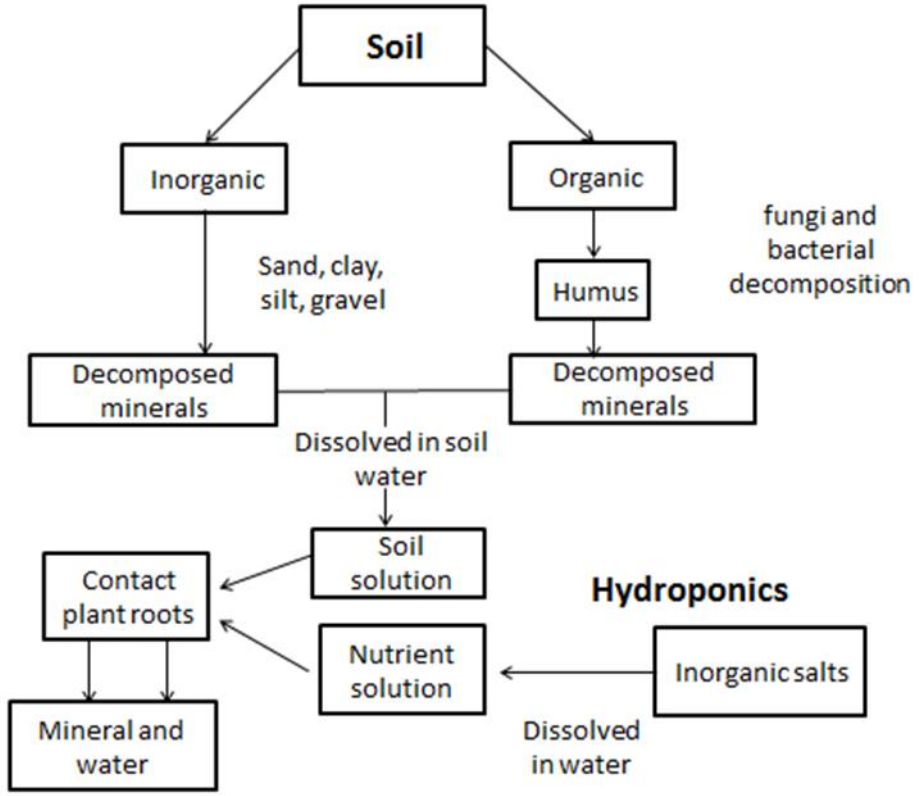
و لإنتاج المحاليل المغذية يتم تحضير تركيبات مختلفة من المواد الكيميائية للوصول إلى تركيبات نهائية كما في الجدول(1).

جدول 1: العناصر الأساسية، والأشكال الأيونية للمغذيات الصغرى، ومدى التركيز الطبيعي الموجود في معظم المحاليل المغذية. After (Jones, 2005)

Element	Ionic Form	Concentration Range ppm(mg/L)
Major Elements		
Nitrogen(N)	NO_3^- , NH_4^+	100 – 200
Phosphorus(P)	HPO_4^{-2},$H_2PO_4^-$	30 – 15
Potassium(K)	K^+	100 – 200
Calcium(Ca)	Ca^{+2}	200 – 300
Magnesium(Mg)	Mg^{+2}	30 – 80
Sulfur(S)	SO_4^{-2}	70 – 150
Micronutrients		
Boron(B)	BO_3^{-3}	0.03
Copper(Cu)	Cu^{+2}	0.01 - 0.10
Iron(Fe)	Fe^{+2}, Fe^{+3}	2- 12
Manganese(Mn)	Mn^{+2}	0.5 - 2.0
Molybdenum(Mo)	MoO_4^-	0.05
Zinc(Zn)	Zn^{+2}	0.05 - 0.50

5.1.2 توافر أيونات العناصر الغذائية للنبات في النظام المائي ونظام التربة.

عند الزراعة في التربة تتحلل كل المكونات العضوية وغير العضوية إلى مركبات وعناصر أبسط، ويتم ذلك بواسطة الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة، لتصبح ذائبة في محلول التربة، وفي صورة متيسرة لتغذية النبات، ليتم امتصاصها من قبل الجذور. أما في الزراعة المائية فيتم ترطيب جذور النباتات مباشرةً بمحلول مغذي يحتوي على جميع العناصر الغذائية المتأينة التي يحتاجها النبات دون المرور بأي مرحلة من التحلل التي من شأنها أن تؤخر وتعرقل نمو النبات. (Dunn, 2013)، كما في الشكل (1).



شكل 1: تيسر العناصر للنبات في النظامين المائي والتربة. After (Dunn, 2013)

6.1.2 أوساط الزراعة المائية

هي أوساط مادية، تدعم النبات من خلال الساق، ويبقيها تحت ظروف نمو مناسبة من خلال توفير بيئة معقمة مع تهوية جيدة، وتدفق مناسب للمحلول المغذي. وعند اختيار الوسط يجب مراعاة بعض المعايير المهمة منها: المسامية اللازمة لتوفر العناصر الغذائية للنبات، والقدرة الشعرية، و التهوية الجيدة؛ لتسمح بدخول الأكسجين، وأن تكون هذه الأوساط خاملة كيميائياً و بيولوجياً، أي ليس لديها القدرة على التفاعل مع العناصر الكيميائية الموجودة في المحلول المغذي، وعدم إحداثها أو مشاركتها في أي نشاط إحيائي. ومن هذه الأوساط: البرلايت، الفيرميكوليت، الصوف الصخري، ألياف جوز الهند، الحصى، ونشارة الخشب. (Velazquez- Gonzalez *et al.*, 2022)

البرلايت

عبارة عن حبيبات صغيرة من مادة طبيعية غير عضوية، مصنوعة من الزجاج البركاني، بيضاء رمادية، خفيفة الوزن، يتراوح قطر حبيباتها من (3-15ملم)، ولها القدرة على الاحتفاظ بالماء بما يعادل (3-4) مرات قدر وزنها. فهو وسط نمو مناسب ذي خصائص مميزة، كونه وسطا معقما خاليا من الآفات ومسببات الأمراض، كما يوفر البرلايت تهوية، وتصريفا جيداً، واحتفاظا مثاليا بالرطوبة، وتوافر العناصر الغذائية مقارنة بالأوساط الأخرى؛ مما جعله الأكثر استخداما في الزراعة المائية (Aliniaeifard *et al.*, 2011). حيث بلغ استخدامه في أسبانيا بنسبة (48%) من إجمالي الأوساط المستخدمة في البلاد.(Lucas *et al.*,1999)، كما في الشكل(2).

شكل 2: وسط البرلايت المستخدم في الزراعة المائية.

دور البرلايت كوسط في الزراعة المائية.

مما سبق يتضح أن للبرلايت دوراً مهماً عند اختياره كوسط للزراعة المائية، فقد أشارت نتائج دراسة Asaduzzaman *et al.*, (2013)، أن نمو وإنتاجية وجودة نبات الجزر تأثرت بشكل كبير بحجم جزئيات البرلايت، حيت استنتجت أن الحجم الجسيمي المناسب للبيرلايت هو (0.6ملم)، كما أشارت نتائجها أيضا إلى أنه يمكن إعادة استخدام البرلايت الذي تم تعقيمه. وما أكدته أيضاً نتائج دراسة على نبات الخيار، حيث أوضحت بأن هناك زيادة معنوية في متوسط وزن الثمرة، وارتفاع النبات، ومساحة الورقة بمعدل(50%، 25%، 70%) على التوالي، عند استخدام البرلايت الناعم، مقارنة بالبرلايت الخشن عالي الجودة(Samadi, 2011). وقد أظهرت نتائج الدراسة التي أجريت على نبات الخيار زيادة ملحوظة في نموه، إضافة إلى زيادة بنسبة (30%) في العائد القابل للتسويق من نبات الخيار المزروع في وسط البرلايت، وقد ارتبط ذلك بقدرة البرلايت على الاحتفاظ بالماء(Marsic and Jakse, 2010).

7.1.2 تأثير الزراعة المائية على الاستهلاك المائي.

أظهرت الدراسات التي أجريت على نبات الطماطم، والذي زرع في النظام المائي والنظام التقليدي، أن معدل النتح أقل في النظام المائي، يتبعه زيادة في كفاءة استخدام الماء water use efficiency (verdoliva *et al.*, 2021). وأن كمية الماء المستخدمة في نظام الزراعة المائية لإنتاج الأعلاف تشكل ما نسبته(2-3%) من الكمية المستخدمة في الزراعة التقليدية (jones, 2005؛ Al-karaki and Al- Hashimi, 2012). وتوفير ما نسبته (70-90%) من المياه المستخدمة في الزراعة التقليدية (Ashok and Sujitha, 2020). كما أظهرت نتائج الدراسة التي أجريت على أعلاف الحيوانات، أن الطن الواحد من الأعلاف الخضراء المنتجة في الزراعة المائية يتطلب (2.83) متراً مكعباً، مقارنة مع (117) متراً مكعباً في الحقل المفتوح؛ لذا فإن كفاءة استخدام الماء على أساس المادة الطازجة في الزراعة المائية أكبر (48) مرة من الزراعة التقليدية (Elmulthum *et al.*, 2023). كما أن نتائج دراسة Verner *et al.*, (2021)) التي أجريت على نباتات الكرنب والسبانخ واللوبيا استهلكت مياهاً أقل عند زراعتها في النظام المائي، بنسبة تتراوح بين (82% و92%) من زراعتها في التربة.

8.1.2 تأثير الزراعة المائية على النمو والإنتاج.

تشير الأبحاث إلى أن معدل نمو النباتات تحت النظام المائي أعلى منه عند الزراعة التقليدية، فقد وصل متوسط ارتفاع نبات الخيار وطول أوراقه (168ملم و63ملم) على التوالي في النظام المائي، في حين في النظام التقليدي لم يتجاوز (99.5ملم و58ملم) على التوالي (Gashgari *et al.*, 2018)؛ الأمر الذي ينعكس على إنتاجية النبات. حيث أظهرت الدراسة التي أجريت على نبات الخس، التي تضاعف إنتاجها في نظام الزراعة المائية (11) مرة، مقارنة بالإنتاج تحت نظام الزراعة في التربة (Barbosa *et al.*, 2015). وفي دراسة مماثلة أجريت على نبات الفراولة حيث حققت إنتاجا أعلى في النظام المائي بنسبة (17%)، مقارنة بالفراولة المزروعة في نظام التربة(Treftz and Omaye, 2016). علاوة على اختزال دورة حياة النبات من (7) إلى (10) أيام في نظام الزراعة المائية (Al-karaki and Al- Hashimi, 2012). وهذا ما يتوافق أيضاً مع الدراسة التي أجريت على نبات الخس لتقييم أنظمة الزراعة المائية ومقارنتها مع الزراعة في التربة، حيث انخفضت فترة نمو النبات بمقدار (15) يوما، إضافة إلى إنتاج أعلى معنوياً ($P<0.05$) للنبات في النظام المائي(Majid *et al.*, 2021). كما وجد Elmulthum *et al.*, (2023)، أن إنتاج المتر المربع الواحد من الأعلاف الخضراء الطازجة في الزراعة المائية أعلى (2.83) مرة من إنتاجها في الحقل، والمادة الجافة أعلى (2.3) مرة من تلك المتحصل عليها من الحقل. كما أظهرت نتائج الدراسة التي أجريت على نبات القمح في النظام المائي والمروي بأنواع مختلفة من المياه، أن معدل إنبات البذور بلغ (98%) (Yurina *et al.*, 2019). وفي نتائج دراسة أخرى على نبات السبانخ، وجد أن إنتاجيته في الزراعة المائية (2780جم)، مقارنة بإنتاجيته عند زراعته في التربة (188جم)، كما أن إنتاج السبانخ كان بمعدل (6.9جم/نبات) في الزراعة المائية، وبمعدل (2.2جم/نبات) في الزراعة في التربة (Verner *et al.*, 2021). وفي دراسة مشابهة

أجريت على نبات الخس، كان إنتاج الزراعة المائية (41كجم/م^2) مقابل (3.90كجم/م^2)عند زراعته في التربة. (Hollaman, 2017)

9.1.2 تأثير الزراعة المائية على كفاءة امتصاص العناصر وتكوين المركبات.

أشارت الدراسات إلى أن النباتات المزروعة في النظام المائي لها معدل امتصاص عال للعناصر الغذائية. ففي دراسة أجريت على نبات الكوسا، تبين أن معدل امتصاص العناصر كالنيتروجين، والماغنيسيوم، والصوديوم، والحديد، والنحاس، والزنك، والمنجنيز، أعلى في نظام الزراعة المائي، مقارنة بالزراعة في التربة، الأمر الذي تبعه زيادة في تركيز الكربوهيدرات، كالجلوكوز، والفركتوز والسكروز والنشا (Rouphael *et al.*, 2003). وفي دراسة أخرى على نبات فول الصويا أظهرت النتائج زيادة في معدل تكوين بعض المركبات في الزراعة المائية عنه في الزراعة التقليدية، حيث زاد معدل تكوين الدهون في نبات فول الصويا من (17.37 إلى 21.94 جم / 100جم مادة الجافة)، إضافة إلى زيادة في إجمالي تكوين الألياف الغذائية من (21.67 إلى 28.46 جم/ 100جم مادة الجافة)؛ مؤديا بذلك إلى تحسين في الجودة الغذائية باستخدام الزراعة المائية (Palermo *et al.*, 2011). وإلى إنتاج ذي محتوى عال من البروتينات و الفيتامينات (Kide *et al.*, 2015). كما استنتجت الدراسة التي أجريت على نبات الخس، أن محتوى كل من الكلوروفيل والفينول والفلافونويد، ومضادات الأكسدة الأنزيمية، وغير الأنزيمية، والمحتوى المعدني، والأكسجين المذاب في نبات الخس المزروع في النظام المائي، أعلى معنويا من محتواه عند زراعته في التربة (Abu-Shahba *et al.*, 2021). كما وُجد أيضاً أن تكوين المركبات العضوية داخل نبات الطماطم مثل lycopene و ß- carotene، كانت بتراكيز أعلى في الزراعات المائية (verdoliva *et al.*, 2021). وفي دراسة على نبات الأقحوان، أظهرت نتائجها أن حمض الكلوروجينيك والفلافونويد كانا بتراكيز أعلى في الزراعة المائية (2.3 و43.2 ملجم/جم وزن النبات جاف)على التوالي، يقابلها (1.7 و36.7 ملجم/جم وزن النبات جاف) على التوالي للنبات بالزراعة في التربة (Ai *et al.*, 2021).

10.1.2 تأثير الزراعة المائية على مقاومة النبات للآفات

تعد التربة مهداً للحشرات والديدان والفطريات الضارة، الأمر الذي سينعكس سلباً على النبات، من حيث انتشار الأمراض والموت، وهذا يزيد من خطر استخدام المبيدات المضادة لها وأحيانا من دون جدوى، إلا أن النبات في الزراعة المائية ينمو في وسط مثالي لا يناسب مثل هذه الآفات، ومن ثم بقاء النبات فترة أطول وإنتاج أوفر. فقد أظهرت نتائج الدراسة التي أجريت على نبات الفراولة، أن معدل بقاء النبات في النظام المائي أعلى بنسبة (80%)، مقارنة بالفراولة المزروعة في التربة والتي نجت بنسبة (50%)، وقد عُزي هذا الانخفاض إلى زيادة مشكلات الآفات، كالمن، وسوس العنكبوت(Treftz and Omaye, 2016). كما زاد طول فترة الإنتاج في الزراعة المائية، حيث استمر إنتاج نبات الطماطم (11) شهرا، بالمقابل كانت فترة الإنتاج (5.5) شهرا في الزراعة بالحقل.(Almarzooqi, 2018).

11.1.2 تأثير الزراعة المائية على التعبير الجيني

يبدو أن الزراعة المائية لم تقتصر على تحسين صفات ظاهرية العيان فقط؛ بل إن تأثيرها الإيجابي طال التراكيب الجينية ذات الدور الفعال لإظهار النبات في أمثل صورة، حيث أوضحت نتائج دراسة Ai *et al.*, (2021)، التي أجريت على نبات الأقحوان أن عدد الجينات المعبر عنها (104) في زهور الأقحوان المزروعة في النظام المائي، في حين تم التعبير عن (10) جينات فقط في زهور الأقحوان المزروعة في نظام التربة؛ الأمر الذي أثر على الوظائف المهمة لتطور زهرة الأقحوان.

12.1.2 تأثير الزراعة المائية على الصفات الظاهرية للنبات

أوضحت الأبحاث والدراسات التي أجريت على الزراعة المائية بأن لها دوراً كبيراً في تحسين الصفات الظاهرية للنبات، التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة من دون الحاجة لأي مقياس، فقد أشارت نتائج دراسة Lei and Engeseth (2021)) التي أجريت على نبات الخس، إلى أن الجذور في النظام المائي أطول معنويا ($P<0.05$) من جذور نبات الخس المزروع في التربة، كما أن أوراق نبات الخس المزروع في النظام المائي أكثر ليونة، وأضلاعاً وسطية أكثر صلابة؛ نتيجة زيادة محتوى اللجنين (24.18%) في جدار الخلية النباتية. كما أوضحت نتائج دراسة Yurina *et al.*, (2019)) التي أجريت على نبات القمح في النظام المائي باستخدام مياه متنوعة زيادة في طول البراعم والجذور بنسبة (35.2%، 84.1%) على التوالي، مقارنة بالقيم المرجعية. كما أوضحت نتائج دراسة Ai *et al.*, (2021) التي أجريت على نبات الأقحوان ارتفاع عدد الأزهار لكل نبات، وكذلك الوزن الجاف لكل زهرة (41.33، 20.25جم) على التوالي في الزراعة المائية، يقابلها (25.67، 12.58جم) عند الزراعة في التربة. وأوضحت الأبحاث أن للزراعة المائية تأثيراً على زيادة الوزن الطازج للنبات، وهذا ما أشارت إليه دراسة لمقارنة زراعة السبانخ مع مستويات مختلفة من الملوحة في أنظمة الزراعة المائية والتربة (Leal *et al.*, 2020)، حيث أظهر النظام المائي زيادة خطية في الوزن الطازج و الجاف للأوراق مع الملوحة في النظام المائي. وفي دراسة مماثلة أظهرت النتائج أن الوزن الطازج و الوزن الجاف للجذور والأوراق، ومساحة الورقة في نباتات الريحان الأخضر والخس والفجل والشبت والكزبرة، كانت أعلى معنويا في الزراعة المائية مقارنة بزراعتها في التربة (poorshahabadi *et al.*,2019). وعن استجابة النبات لمنظمات النمو والتزهير، فقد وجدت الدراسة التي أجريت على نبات مسك الروم، أن كلاً من الوزن الطري وعدد الأزهار و قطرها، وكذلك قطر الساق، ومساحة الأوراق وعددها، وطول الجذور، كانت أعلى معنويا في النبات المزروع في النظام المائي عند مقارنته بالنبات المزروع في التربة، تحت نفس المعاملات من منظمات النمو(Babarabie *et al.*, 2018).

13.1.2 تأثير الزراعة المائية على الناحية التسويقية.

إن التأثير الإيجابي للزراعة المائية على نمو النبات، وكفاءة استخدامه للماء، و جودة صفاته الظاهرية، وإنتاجيته، يرفع من مؤشراته التسويقية، فقد أظهرت نتائج الدراسة والأبحاث التي أجراها يعقوب و مياسة (2009)، على الجدوى الاقتصادية لمحصول الطماطم في الزراعة، أن صافي الربح

قرابة (208000) ليرة سورية للبيت البلاستيكي الواحد، وأن زمن استعادة رأس المال يساوي سنتين، كما أظهرت النتائج أن معامل الربح بالنسبة لرأس المال المستثمر للبيت المزروع من دون تربة يقدر بنحو (42%)، أما قيمة معامل الربح للتكاليف الإنتاجية فوصلت إلى (226.18%)، وهي مؤشرات جيدة جداً. وفي دراسة أخرى أشارت الإحصاءات إلى أن الإنتاج التجاري للزراعة المائية قدر بما يتجاوز (21203.5) مليون دولار أمريكي في عام (2016). وفي إحصائيات أخرى بهولندا، بلغت نسبة محاصيل الزراعة المائية للطماطم والفلفل والخيار وبعض الأزهار (50%) من قيمة جميع الفواكه والخضروات المنتجة في البلاد (sharma *et al.*, 2019). وبذلك وصلت قيمة سوق الزراعة المائية لعام (2020) إلى قرابة (9.5) مليار دولار أمريكي، كما يُتوقع لها أن ترتفع بمعدل نمو سنوي قدره (11.3 %)، لتصل إلى (22.2) مليار دولار أمريكي بحلول عام (2028).(Verner *et al.*, 2021)

2.2 نبات الجرجير

1.2.2 وصف نبات الجرجير

الجرجير .*Eruca sativa* Mill نبات عشبي حولي سريع النمو، ذو دورة حياة قصيرة، فهو من الخضروات الورقية، ذو جذر وتدي و ساق قصير، يحمل الأوراق بشكل متزاحم ومتبادل، و يستطيل عند الإزهار، ويصل طوله حينئذ إلى (30-75سم)، أوراقه لحمية بيضاوية مركبة و مفصصة إلى ثلاثة فصوص، يكون العلوي منها أكبر حجما من الجانبيين، و لها رائحة نفاذة مميزة، وعنق طويل، أما الأوراق القريبة من الأزهار فتكون كثيرة التفصيص، وتكون العلوية منها جالسة. أما أزهار النبات فهي سفلية ثنائية الجنس، شعاعية التناظر، حرة منتصبة، ذات كأس متكون من أربع سبلات حرة متعامدة، وتويج حر، عدد بتلاته أربع متعامدة، لونها أبيض مصفر، بها تعرق ذو لون بنفسجي، والطلع يتكون من ستة أسدية مختلفة الطول، أربعة أسدية طويلة و اثنان قصيرة، مرتبة في محيطين، أما المتاع فيتكون من مبيض علوي به مدقة واحدة مركبة من كربلتين متحدتين، والمبيض ثنائي الحجرة، أما الحاجز الذي بين الحجرتين فهو كاذب، تضم الحجرة الواحدة بويضة واحدة أو أكثر جدارية الاتصال، والقلم مفرد واضح ينتهي بميسم ثنائي الفص، وتترتب الأزهار في نورة عنقودية منتفخة منطبقة على الساق، تنتهي القمة بمنقار يشبه السيف، وهو مضغوط بشدة، ونتيجة الاختلاف في موعد نضج المياسم و المتوك يكون التلقيح خلطيا؛ لذلك تنتشر ظاهرة عدم التوافق الذاتي في العائلة الصليبية. أما الثمرة فهي خردلة صغيرة، والبذور عديمة السويداء، لها سطح شبكي، بنية اللون مضغوطة مرتبة على هيئة صفين، وجدرانها تنتفخ وتصبح جيلاتينية عند الإنبات. (حسن، 1991)؛ (سعد، 1994) ، والشكل (3) يوضح هذا الوصف.

2.2.2 الموطن الأصلي لنبات الجرجير وأهميته الاقتصادية

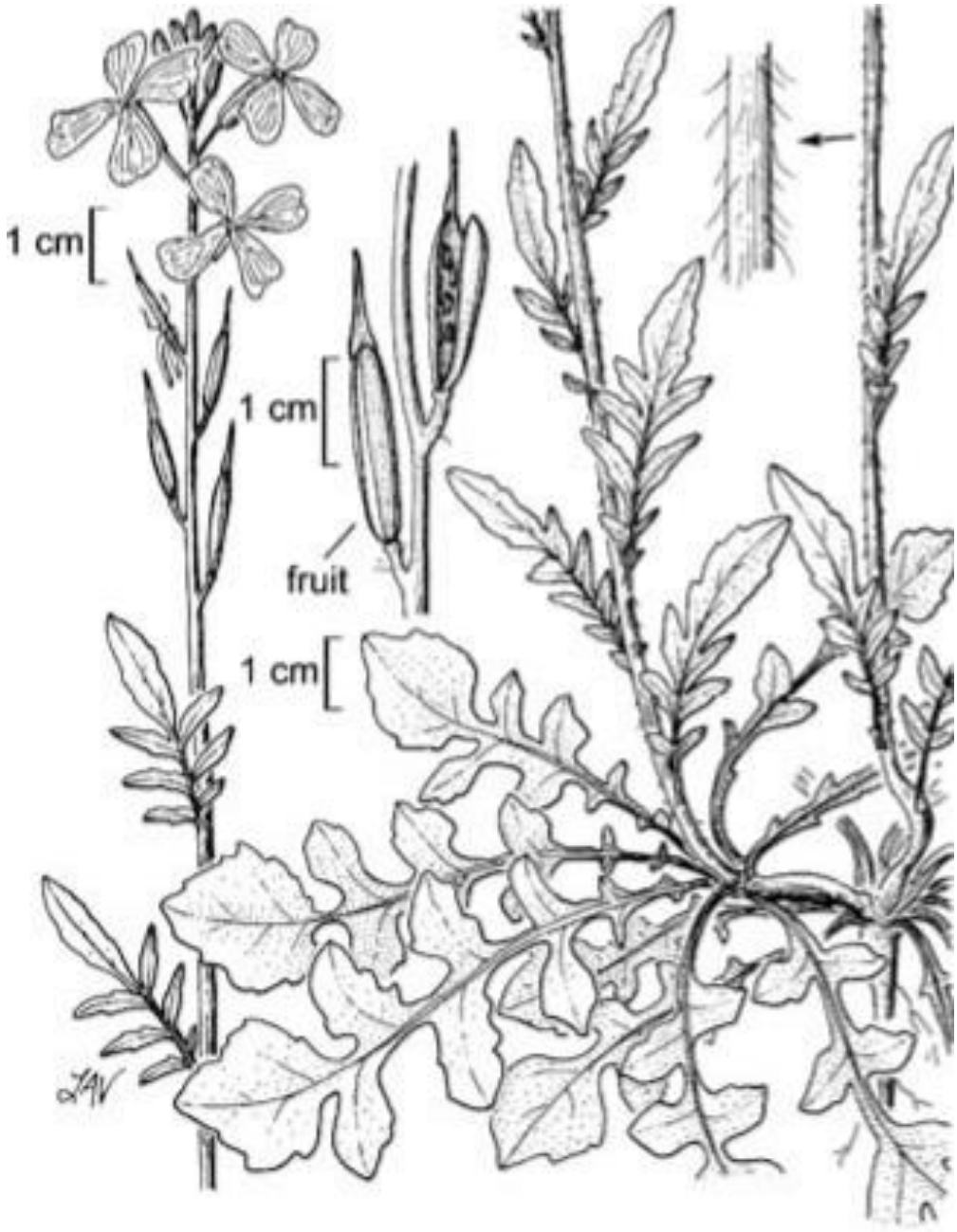
يعد الموطن الأصلي لنبات الجرجير هو حوض البحر الأبيض المتوسط، وغرب آسيا. ويُعدّ الجرجير نباتاً معروفاً اقتصادياً، وذا قيمة غذائية كما موضح بالملحق (1)، وله استعمالات طبية تقليدية؛ لما يتمتع به من خصائص علاجية باعتباره قابضا ومنبها ومنشطا وملينا وهاضما، ويحتوي على

مركبات الجلوكوزينات التي لها نشاط مضاد للبكتيريا والفطريات والسرطانات، ويحتوي على مستويات عالية من الكاروتينات و التوكوفيرول وحمض الأسكوربيك، التي تعمل كمضادات للأكسدة، كما يُستعمل نبات الجرجير كخافض وهاضم للسكر، وفي علاج الأمراض الجلدية وعلاج الحروق، ومدرٍ للبول، وفاتح للشهية؛ لما يحتويه من نسب عالية من الفيتامينات مثل: فيتامين أ، ج، ك، وفيتامين ب6. والمعادن مثل: الكالسيوم والحديد و الزنك والفسفور. إضافة لذلك يستخدم كسطلة وتابل منكه في الطعام، وكعلف أخضر، وأجزاؤه المستعملة هي البذور والأوراق. (Garg and Sharma,2014)

3.2.2 التصنيف العلمي لنبات الجرجير

Kingdom: Plantae
Division: Embryophyta
Class: Angiospermae
Sub Class: Dicotyledoneae
Order: Papaverales
Family: Brassicaceae
Genus: Eruca
Species: sativa
Scientific Name: *Eruca sativa* Mill.

(Al-Shehbaz, 2012)



شكل 3: نبات الجرجير وأجزاؤه الخضرية والزهرية والثمرية (Al-Shehbaz, 2012).

مواد وطرق البحث

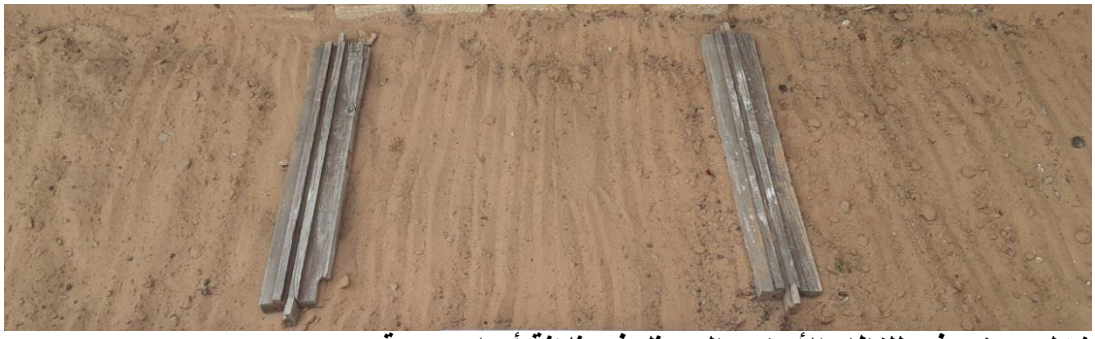
Materials and Methods

3. مواد وطرق البحث

1.3 نماذج التجربة

- نظام الزراعة المائية: تمثل في منظومة زراعية تم شراؤها من شركة هيدروليبيا للزراعة المائية بمدينة الزاوية، وكانت عبارة عن أنابيب بلاستيكية نوع PVC، مغلقة الطرفين، قطرها (8-9سم)، مثبتة أفقيا باستخدام دعامات، بها فتحات دائرية في الواجهة العلوية من الأنابيب، تبعد هذه الفتحات عن بعضها مسافة (6-8سم)، وذات قطر (6.5سم)، تناسب حجم أصص الغرس التي وضعت داخلها، وهذه الأصص عبارة عن أكواب بلاستيكية بسعة (230سم^3)، ومثقبة بالكامل من جميع الجهات، تم تعبئتها بوسط النمو المناسب، يتصل هذا النموذج بمضخة وحوض للري، وتصريف الماء أوتوماتيكيا، والشكل (4) يوضح ذلك.
- نظام الزراعة في التربة: تمثل في منظومة منزلية الصنع، والتي كانت عبارة عن أنابيب بلاستيكية نوع PVC، قطرها (8-9سم)، مثبتة أفقيا باستخدام دعامات، تم عمل فتحات دائرية في الواجهة العلوية من الأنابيب، تبعد هذه الفتحات عن بعضها مسافة (6-8سم)، وذات قطر (6.5سم)، لتناسب حجم أصص الغرس التي وضعت داخلها، وهذه الأصص عبارة عن أكواب بلاستيكية بسعة (230سم^3)، ومثقبة من أسفل، تم تعبئتها بالتربة، من دون الحاجة إلى مضخة وحوض للري في هذا النموذج ، حيث كان الري يدويا. كما في الشكل(4).
- النظام الأرضي: تم تجهيز مساحة ثلاثة أمتار مربعة من تربة الحقل، محددة بفواصل خشبية؛ لغرض قياس بعض من الصفات الظاهرية لنبات الجرجير. كما موضح بالشكل (5).

شكل 4: نموذج لنظام الزراعة المائية على اليمين ونموذج لنظام الزراعة في التربة على اليسار.



شكل 5: نموذج للنظام الأرضي المتمثل في ثلاثة أمتار مربعة.

2.3 الأوساط الزراعية

1- البرلايت

تم استخدام بلورات البرلايت ذات أقطار تتراوح من (3- 6ملم)، تم الحصول عليها من شركة هيدروليبيا للزراعة المائية، والموضحة بالشكل (2).

2- التربة

تم استخدام تربة رملية خفيفة، كما في الملحق (2)، ذات خواص فيزيائية وكيميائية كما في الجدول(2).

جدول 2: الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة للزراعة.

الاختبار	النتائج
الأس الهيدروجينيpH	9.22
التوصيل الكهربائي Ec	365 uS/cm
الصوديومNa^{+}	170 mg/Kg
بوتاسيومK^{+}	14.4mg/Kg
كالسيومCa^{+2}	50 mg/Kg
ماغنيسيوم Mg^{+2}	21 mg/Kg
فسفورP^{+3}	9.0mg/Kg
نيتروجين N^{-3}	0.02 mg/Kg
المادة العضوية OM	369 mg/Kg
كربونات الكالسيوم$CaCO_3$	10.7 Wt.%

3.3 ماء الري

تم تحضير ماء الري باستخدام مياه لم تتجاوز كمية الأملاح بها (100) جزء في المليون، ذات خواص فيزيائية وكيميائية كما في الجدول (3)، وبإضافة المحلول المغذي المحلي (هيدرو ليبيا) من شركة هيدرو ليبيا للزراعة المائية، الذي كان عبارة عن عبوتين من المحاليل A وB، كما في الملحق (2)، والجدول (4) يوضح محتويات وتراكيز العناصر الغذائية الموجودة في المحلول المغذي A، والجدول (5) يبين محتويات وتراكيز العناصر الغذائية الموجودة في المحلول المغذي B. ووفقا لنبات الجرجير المزروع والماء المستخدم للري، تم تحديد كمية المحاليل المغذية التي سنأتي على ذكرها لاحقاً.

جدول 3: الخواص الفيزيائية والكيميائية لماء الري.

الاختبار	النتائج
الأس الهيدروجيني. pH	7.5-6.5
التوصيل الكهربائي Ec	123 µs/cm
الصوديوم Na^{+}	16mg/l
بوتاسيوم K^{+}	1mg/l
كالسيوم Ca^{+2}	8mg/l
ماغنيسيوم Mg^{2+}	5mg/l
الكبريتات (So_4^{-2})	15mg/l
البيكربونات (Hco_3^{-})	23mg/l
الكلوريدات (cl^{-})	27mg/l
النترات (NO_3^{-})	1.1mg/l
الأملاح الذائبة الكلية T.D.S	78 mg/l
العسرة الكلية T.H ($Caco_3$)	21mg/l
القلوية الكلية TA	19mg/l

جدول 4: محتويات و تركيز المحلول المغذي (هيدروليبيا)، الصنفA من العناصر الغذائية.

Element	Concentration Range ppm(mg/L)
Macro Elements	
Nitrogen(N)	200
Phosphorus(P)	55- 60
Potassium(K)	280-310
Magnesium(Mg)	50
Sulfur(S)	60-80
Micro Elements	
Copper(Cu)	0.09 - 0.10
Manganese(Mn)	2
Molybdenum(Mo)	0.2
Zinc(Zn)	0.1

جدول 5: محتويات و تركيز المحلول المغذي (هيدروليبيا)، الصنف Bمن العناصر الغذائية.

Element	Concentration Range ppm(mg/L)
Macro Elements	
Nitrogen(N)	200
Calcium(Ca)	175-180
Micro Elements	
Boron(B)	0.2- 0.3
Copper(Cu)	0.09 - 0.10
Iron(Fe)	6

4.3 النبات

استخدمت في هذه الدراسة بذور نبات الجرجير المحلية .*Eruca sativa* Mill، التابعة للفصيلة الصليبية Brassicaceae، التي تم الحصول عليها من أحد متاجر المستلزمات الزراعية بمدينة الزاوية.

5.3 خطوات العمل

1- تم وضع النموذجين (المنظومة المائية ومنظومة التربة) في الحقل بالقرب من النموذج الأرضي(النظام الأرضي)، لتكون جميعاً في مكان متجانس من حيث الإضاءة و درجة الحرارة، في مزرعة جنوب مدينة الزاوية، كما تم تصميم التجربة وفق النظام العشوائي الكامل Completely Randomized Design (CRD).

2- تم تعبئة حوض وأنابيب المنظومة المائية بمياه الري التي تمت الإشارة إليها سابقا، حيث كانت الكمية الكلية من الماء اللازمة لتعبئة المنظومة (60) لترا.

3- تعبئة أصص الغرس في منظومة الزراعة المائية بالبرلايت، ووضعها في الفتحات المخصصة لكي تتشرب بالماء قبل الزرع.

4- بعد وزن 213جرام من التربة لكل أصيص، وتعبئتها في أصص الغرس، و إضافة السماد العضوي لها وتحريكها، تم وضعها في أماكنها المخصصة في منظومة التربة.

5- تجهيز النموذج الأرضي بعزق التربة وتسميدها عضويا، وتحديد المكررات به باستخدام ألواح خشبية.

6- تم زراعة بذور نبات الجرجير يوم (23) من شهر يونيو سنة (2023)، بمعدل (9) بذرات لكل أصيص في كلتا المنظومتين، وبمعدل (2جم/م²) للنظام الأرضي(حسن، 1991).

7- تم تشغيل مضخة المنظومة المائية، في حين تم ري التربة يدويا بعدد (3-4) ريات يوميا بمعدل يومي (4.2) لتر و (375) لتر لكل من منظومة التربة والنظام الأرضي على التوالي.

8- بعد قرابة (7) أيام من بدء الزرع، تم إضافة نسب متساوية من المحلول المغذي A و B إلى حوض الماء في المنظومة المائية، حتى وصلت الملوحة إلى (350) جزءاً في المليون.

9- تم مراقبة قياس كل من حموضة المياه وملوحتها بصورة دورية، وذلك باستخدام جهاز قياس الحموضة p^H-meter الموضح بالشكل (6). وجهاز التوصيل الكهربائي EC-meter المبين بالشكل (7).

10- إضافة الماء إلى الحوض في حال نقصانه، ومتابعة ري نباتات الجرجير المزروعة في التربة يومياً، واحتساب كمية مياه الري في كل مرة، حيث كانت كمية الماء الكلية المستخدمة للأصيص الواحد (8) لتر في المنظومة المائية، و (7) لتر لمنظومة التربة، أما كمية المياه الكلية المستخدمة في الحقل للمتر المربع الواحد تساوي 5000 لتر خلال موسم النمو.

11- وفي الأسبوع الثالث تم رفع تركيز المغذيات في مياه خزان المنظومة المائية، حتى وصلت قراءة الملوحة إلى (650 ppm_ 625ppm). كما تم تسميد نبات الجرجير المزروع في التربة مع مياه الري، بتركيز (1ملل/لتر) من المحلولين المغذيين A و B، بواقع مرة كل أسبوعين.

12- متابعة ومراقبة نمو نبات الجرجير حتى النضج في كل نماذج التجربة، كما موضح بالملحق (3).

شكل 6: جهاز قياس الحموضة.

شكل 7: جهاز قياس الملوحة.

6.3 أخذ القراءات

تم أخذ القراءات التالية للمقارنة بين نظامي الزراعة المتبعة في هذه الدراسة:

1.6.3 نسبة الإنبات

بعد إنبات البذور وظهور الشتلات، تم احتِساب نسبة الإنبات لكل أصيص في المنظومة المائية ومنظومة التربة، من خلال عد البذور النامية في كل أصيص وقسمتها على عدد البذور الكلية التي تم زراعتها بالأصيص، ومن ثم ضرب الناتج في (100)؛ لإيجاد النسبة المئوية.

2.6.3 محتوى الكلوروفيل، باستخدام الجهاز SPAD Chlorophyll-meter جهاز قياس الكلوروفيل، وكيفية استخدامه

تمت استعارة جهاز قياس الكلوروفيل من شركة دلتا العلمية، وهو عبارة عن جهاز إلكتروني محمول يدويا، به مشبك لوضع ورقة النبات خلاله من دون الحاجة إلى قطعها، وبه شاشة لإظهار القراءات، و أزرار للتشغيل والقفل، وتخزين واسترجاع ومسح القراءات، مع إمكانية الحصول على متوسط حسابي لمجموعة القراءات، التي يمكن أن تصل إلى (100) قراءة في اليوم، يقوم هذا الجهاز بتقدير محتوى الكلوروفيل الكلي (أ، ب) في النبات بوحدة (SPAD)، من خلال نسبة الضوء الأحمر

إلى الأشعة تحت الحمراء التي تمر عبر الورقة، كما يمكن للجهاز أن يشخص نقص بعض العناصر الغذائية التي لها علاقة بمحتوى الكلوروفيل، مثل عنصر النيتروجين، كما في الشكل (8).

يتم تشغيل الجهاز و وضع ورقة نبات الجرجير بين فكي مشبك الجهاز، وبالضغط عليها من (1-2) ثانية تظهر القراءة على الشاشة مباشرةً، و أخذ أكثر من قراءة على أوراق مختلفة من نفس النبات، ويتم الحصول على متوسط القراءات بالضغط على زر Average. تم قياس محتوى الكلوروفيل لعدد (24) عينة عشوائية لكل نموذج من نماذج التجربة.

شكل 8: جهاز قياس محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الجرجير.

3.6.3 مساحة الأوراق، وطول المجموع الخضري، وذلك باستخدام برنامج IMAGE J التابع لشركة المايكروسوفت.

تم قياس مجموع مساحة الأوراق على النبات الواحد، وطول المجموع الخضري لنبات الجرجير بعد إنهاء التجربة مباشرةً، والموضحة بالملحق (2).

نبذة عن برنامج Image j software وكيفية استخدامه

من الموقع https://ar.all10soft.com/imagej-windows-10/ تم تنزيل برنامج Image j software كتطبيق لمعالجة الصور وتحليلها على أجهزة الحاسوب، هذا البرنامج له عدة نسخ، يتم تنزيله وفقا لسعة الحاسوب وإصدارات برامج الميكروسوفت به. يحتوي البرنامج على نافذة بها عدد من الأيقونات كما في الشكل (9)، و نافذة أخرى لعرض النتائج، ومن أهم الأيقونات:

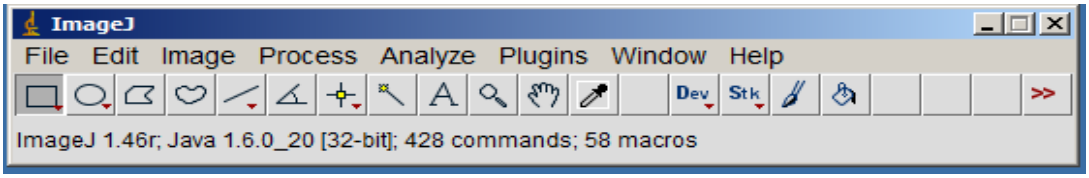
File: لفتح صور جديدة أو صور مخزنة على الحاسوب.

Analyze: لإدخال المعطيات المطلوبة، كتحديد وحدة القياس والقيمة المعيارية لها، وكذلك إعطاء أمر القياس لإظهار النتائج.

: يتم سحب الصور لهذه الأيقونة لفتحها في نافذة عمل.

: تستخدم لتحديد أطوال العينات.

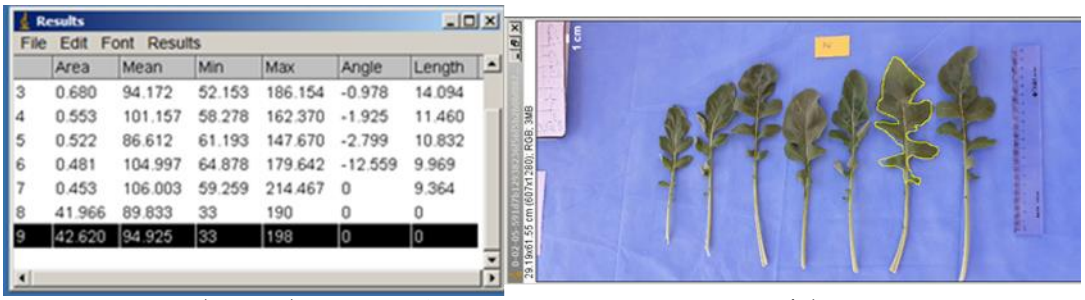
:تستخدم لتحديد المساحات.



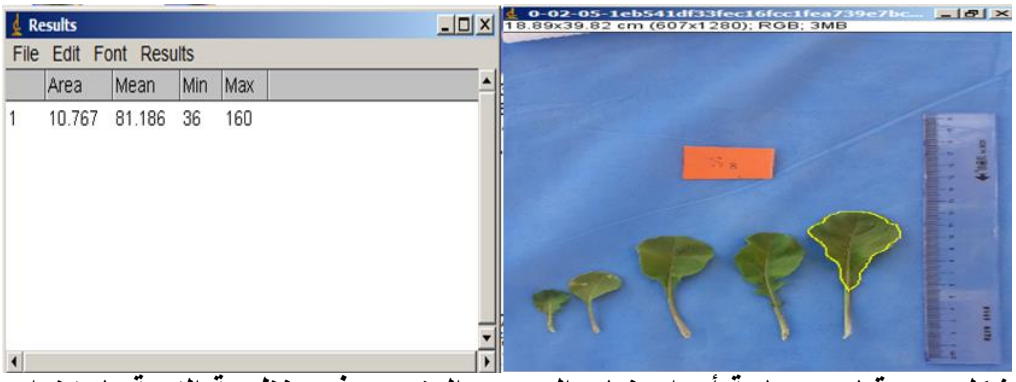
شكل 9: نافذة برنامج Image J والأدوات التابعة لها.

كيفية الاستخدام:

تم التقاط صورة بجودة عالية للعينة (ورقة نبات الجرجير) المراد قياس طولها أو مساحتها، بجانب مسطرة مدرجة (كمستوى مقارنة للأطوال والمساحات Reference level)، والموضحة بالملحق (2)، تم إدراج هذه الصورة بسحبها إلى الأيقونة ليتم فتحها في نافذة العمل، وبالضغط على الأيقونة وتحديد (1سم) على المسطرة؛ ليتعرف البرنامج على المقياس المعياري، ويتم بعد ذلك تحديد القيمة المعيارية و وحدة قياسها، من خلال الأيقونة Analyze واختيار Set scale من القائمة. ولقياس الأطوال يتم الضغط على الأيقونة ، وبالسحب ورسم خط مستقيم للطول المراد قياسه، تم إظهار النتائج من خلال الضغط على Analyze واختيار Measure من القائمة. ولقياس المساحات تم الضغط على الأيقونة ، وسحب ورسم المنطقة المراد تحديد مساحتها بدقة، وتم إظهار النتائج بنفس الطريقة السابقة. كما في الشكل (10، 11).



شكل 10: قياس مساحة أوراق نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية باستخدام برنامج Image J، على يسار الصورة نتائج قياس مساحة الأوراق المحددة في الصورة على اليمين.



شكل 11: قياس مساحة أوراق نبات الجرجير المزروع في منظومة التربة باستخدام برنامج Image J، على يسار الصورة نتائج قياس مساحة الأوراق المحددة في الصورة على اليمين.

4.6.3 طول الجذور

تم قياس طول الجذور الفعلية لكل المعاملات باستخدام مسطرة مدرجة، كما في الشكل (12).

شكل 12: قياس طول جذور نبات الجرجير المزروع في كل نظام بالمسطرة المدرجة.

5.6.3 قطر الساق

تم قياس قطر الساق باستخدام القدمة ذات الورنية الرقمية digital mess-schieber، حيث اختيرت نباتات الجرجير عشوائيا من كل نماذج التجربة، وتم وضع الساق بين فكي القدمة ذات الورانية، وأخِذت القراءات لعدد (24) عينة لكل نموذج. كما في الشكل (13).

شكل 13: استخدام القدمة ذات الورانية الرقمية لقياس قطر الساق في نبات الجرجير النامي في المنظومة المائية على اليمين ومنظومة التربة على اليسار.

6.6.3 الوزن الرطب

تم جمع نباتات الجرجير وقياس أوزانها باستخدام الميزان الرقمي digital scale وتسجيل القراءات، حيث تم وزن المجموع الخضري لكل أصيص في كل نظام زراعي، كما في الشكل (14)، وحساب الإنتاجية الكلية للمحصول.

شكل 14: الوزن الخضري الرطب لأصيص واحد من المنظومة المائية على اليمين ومنظومة التربة على اليسار.

7.6.3 الوزن الجاف

تم وضع عينات نبات الجرجير في الفرن على درجة حرارة (70°م)، لمدة (48) ساعة، وباستخدام الميزان الرقمي digital scale أُخذت قراءات الوزن الجاف للمجموع الخضري لكل أصيص في كل نظام زراعي.

8.6.3 تحديد كفاءة امتصاص العناصر الكبرى NPK

تم تحليل النبات في معمل شركة دلتا العلمية بطرابلس؛ لغرض تحديد كفاءة امتصاص العناصر الكبرى NPK في نبات الجرجير المزروع في كِلا النظامين، باستخدام الأجهزة الموضحة بالملحق (4)، حيث تم تقدير:

- **نسبة النيتروجين باستخدام جهاز كلدال Kjeldahl**

و تتلخص الطريقة في الآتي:

1- الهضم: هضم (2جم) من عينة النبات في دورق هضم كالدال وذلك بغليانها مع (20مل) من حامض كبريتيك مركز(98%)، وإضافة قرص هضم كالدال(محفز) حتى يصبح الخليط واضحا.

2- التقطير: ترشح الخلاصة في دورق حجمي بسعة (250مل)، وتحضير المحلول بإضافة (100مل) من الماء المقطر وربطه بوحدة التقطير؛ لإزالة الأمونيا، ويتم إضافة (50مل) من محلول هيدروكسيد الصوديوم (45%) إلى ناتج التقطير المتجمع.

3- المعايرة: إضافة (100مل) من 0.1N حمض الهيدروكلوريك ودليل المثيل الأحمر يعاير الحمض المتبقي بواسطة 2.0M NaOH حتى يتغير اللون من الأحمر إلى الأصفر وحساب مللي مكافئات الأمونيا، ومن ثم تقدير كمية النيتروجين في العينة بالمعادلة التالية:

$$\text{النيتروجين\%} = \frac{(\text{حجم حمض } Hcl - \text{حجم الدليل}) \times \text{عيارية الحامض(Hcl)} \times 1.4007}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

(Horwitz and Latimer, 2000) .

- **نسبة البوتاسيوم باستخدام مقياس ضوء اللهب Flame-Photometer**

و تتلخص الطريقة في الآتي:

1- حرق العينة عند (450)°م تحت زيادة تدريجية في درجة الحرارة (حوالي 50°م / ساعة) لمدة (6-8) ساعات، بعد تبريد العينة يضاف لها (10مل) من (6N Hcl) بنسبة 1:1 ويتم تبخير المحلول حتى يجف.

2- يتم إذابة بقايا العينة في ($0.1N\ HNO_3$)، ويتم تقدير البوتاسيوم مباشرة على طول موجة 589 نانومتر بواسطة مقياس ضوء اللهب نوع BWB. (Thiex, 2016)

- **نسبة الفسفور باستخدام مقياس الطيف الضوئي Spectro-photometer**

وتتلخص الطريقة في الآتي:

1- إذابة (2جم) من عينة النبات بعد حرقها وطحنها في (10مل) من حمض النيتريك المركز لمدة ليلة كاملة.

2- إضافة (4مل) من حمض الهيدروكلوريك، يليها هضم العينة في صفيحة ساخنة عند درجة حرارة (180-200°م) حتى تتبخر وتتصاعد أبخرة صفراء بنية اللون.

3- ترشح العينة باستخدام ورق ترشيح وينقل الراشح إلى دورق حجمه (100مل) ويتم إكمال الحجم بالماء مقطر، ينقل (10مل) منه في دورق حجمه (50مل) ويضاف له (10مل) من محلول موليبدات الأمونيوم، مع تكملة الحجم المتبقي بالماء المقطر والانتظار(15-20) دقيقة حتى تغير اللون إلى الأصفر.

4- يتم تحضير عدة تركيزات من المحلول القياسي (0،2،4،8) جزء في المليون، وإضافة نفس الكمية من موليبدات الأمونيوم، و تكملت الحجم بالماء المقطر.

5- قياس كثافة اللون أو الامتصاص عند (470) نانومتر لجميع قياسات المعايرة ورسمها، ومن ثم تؤخذ قراءة عنصر الفسفور بوحدة (ملجم/ 100جم).(Thiex, 2016)

9.6.3 كفاءة استخدام الماء

هو اصطلاح يعبر عن مدى كفاءة تحويل النبات للماء المستعمل في الري إلى مادة جافة، من خلال عمليات الأيض. الذي يتم حسابه بتقسيم وزن المادة الجافة (بالمليجرام أو الجرام أو الكيلوجرام)على كمية مياه الري المستخدمة الكلية (بالملليلتر أو باللتر أو بالمتر المكعب).(Hietz, 2006)

تم تسجيل كمية الماء الكلية المستهلكة باللتر أثناء فترة النمو، كما تم قياس الوزن الخضري الجاف لنبات الجرجير بالجرام ، لعدد (24) أصيصاً في كل من المنظومة المائية ومنظومة التربة، ومن خلال قسمة الوزن الجاف الخضري على كمية الماء المستهلكة، ثم احتساب كفاءة استخدام الماء لكل أصيص.

7.3 التحليل الإحصائي

تم تحليل النتائج إحصائيا باستخدام برنامج (SPSS.V.28)، حيث تم استخدام كل من اختبار T للفرق بين متوسطي مجتمعين مستقلين (Independent sample T test)، واختبار التباين الأحادي (One –way Anova)؛ لتحديد الفروق بين المتوسطات عند مستوى معنوية (0.05).

النتائج
The Results

4. النتائج

من جداول نتائج التحليل الإحصائي المدرجة بالملحق (5)، تم الحصول على القيم الاحتمالية (P-value) للصفات المدروسة لنبات الجرجير، والمتمثلة في: نسب الإنبات، ومحتوى الكلوروفيل، وكفاءة امتصاص العناصر(NPK)، والصفات الظاهرية، والإنتاجية، وكفاءة استخدام الماء، والمشار إليها في الجدول (6)، والتي تبين الفروق ذات الدلالة الإحصائية بين المعاملات.

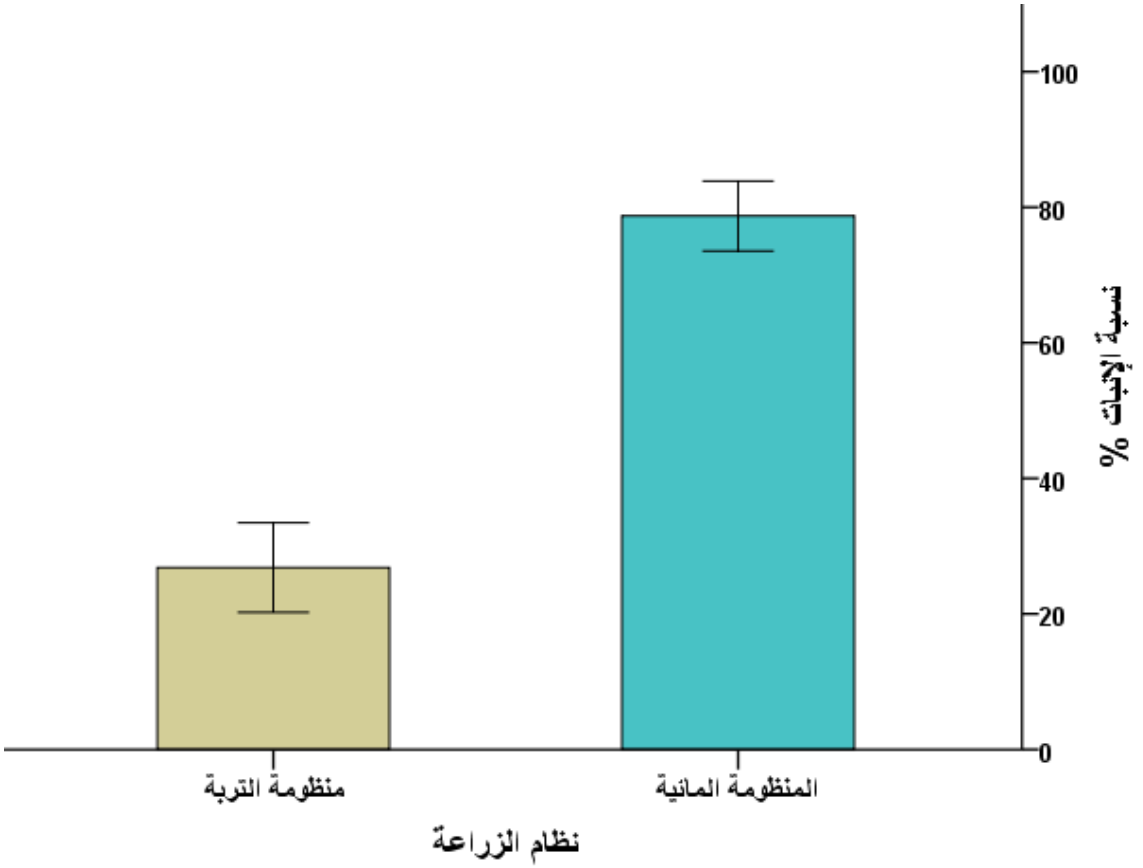
جدول 6: القيم الاحتمالية (P value) للصفات المدروسة لنبات الجرجير بين المعاملات والمتحصل عليها من برنامج التحليل الإحصائي SPSS.

الصفات المدروسة	P value
نسبة الإنبات (%)	(P<.001)
محتوى الكلوروفيل (SPAD)	(P<.001)
كفاءة امتصاص عنصر النيتروجين (جم/100جم وزن جاف)	(P<.001)
كفاءة امتصاص عنصر الفسفور (جم/100جم وزن جاف)	(P<.001)
كفاءة امتصاص عنصر البوتاسيوم (جم/100جم وزن جاف)	(P<.001)
طول المجموع الخضري (سم)	(P<.001)
طول المجموع الجذري (سم)	(P<.001)
قطر الساق (سم)	(P<.001)
مساحة الأوراق ($سم^2$)	(P<.001)
عدد الأوراق على النبات الواحد	(P<.001)
الإنتاجية (جم)	(P<.001)
كفاءة استخدام الماء (جم/ل)	(P<.001)

1.4 تأثير نظام الزراعة على نسبة الإنبات

تبين من خلال النتائج المدرجة بالملحق (5)، أن متوسط نسبة الإنبات لبذور نبات الجرجير المزروعة في المنظومة المائية أعلى منه في منظومة التربة، حيث كان الفرق بين المتوسطات

(51.9%)، وهذا الفارق معنوي جدا (P<0.001). والشكلان (15، 16)، يوضحان الفرق في نسبة الإنبات بين المنظومتين.

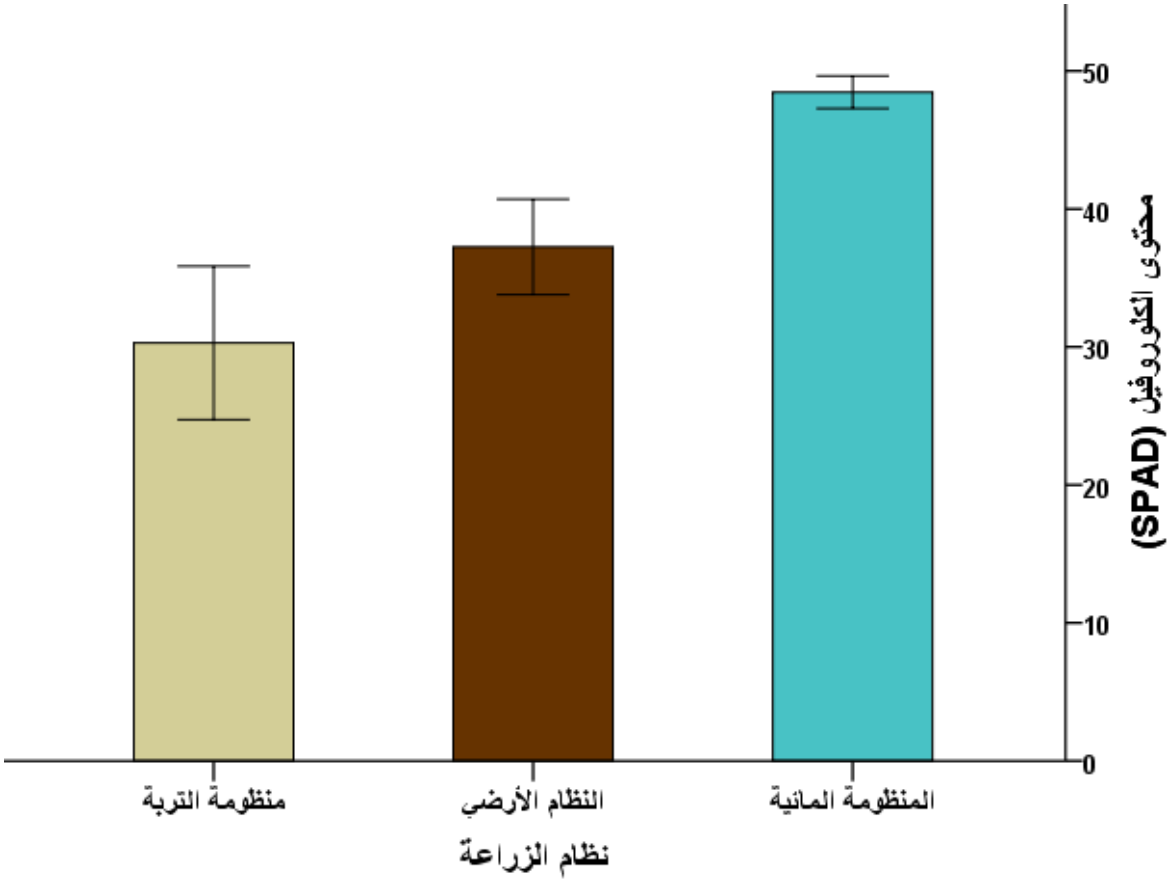


شكل15 : تأثير نظام الزراعة على نسب إنبات بذور نبات الجرجير للمنظومة المائية ومنظومة التربة.

شكل 16: الفرق في أعداد البذور النامية لنبات الجرجير في أصص المنظومتين.

2.4 تأثير نظام الزراعة على محتوى الكلوروفيل في أوراق نبات الجرجير

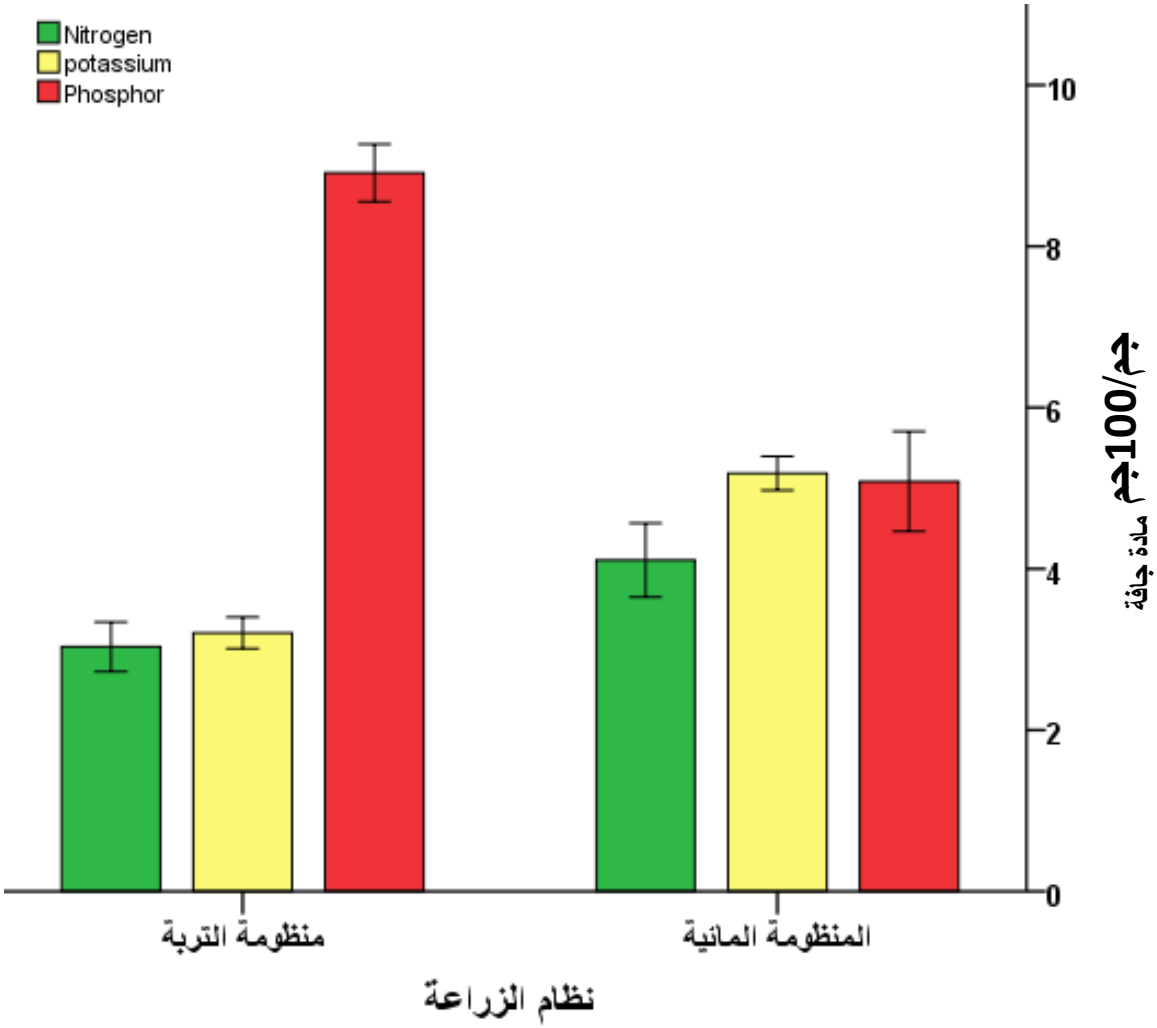
توضح النتائج بالملحق (5) أن متوسط محتوى الكلوروفيل لأوراق نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية هو الأعلى (48.5 SPAD)، في حين متوسط محتوى الكلوروفيل لأوراق نبات الجرجير المزروعة في كل من النظام الأرضي ومنظومة التربة هما الأدنى (37.3 SPAD)، (30.3 SPAD) على التوالي، والفارق بين المتوسطات معنوي جداً ($P<0.001$). والشكل (17) يوضح ذلك.



شكل17 : تأثير نظام الزراعة على محتوى الكلوروفيل SPAD في أوراق نبات الجرجير في الأنظمة الثلاثة.

3.4 تأثير نظام الزراعة على كفاءة امتصاص العناصر

تبين من خلال النتائج المدرجة بالملحق (5)، بأن متوسط نسبة كل من النيتروجين والبوتاسيوم أعلى في نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية منه في منظومة التربة، وهذا الفارق معنوي جداً ($P<0.001$)، في حين متوسط نسبة الفسفور كانت أعلى في نبات الجرجير المزروع في منظومة التربة، والشكل (18) يوضح تلك الفروقات.



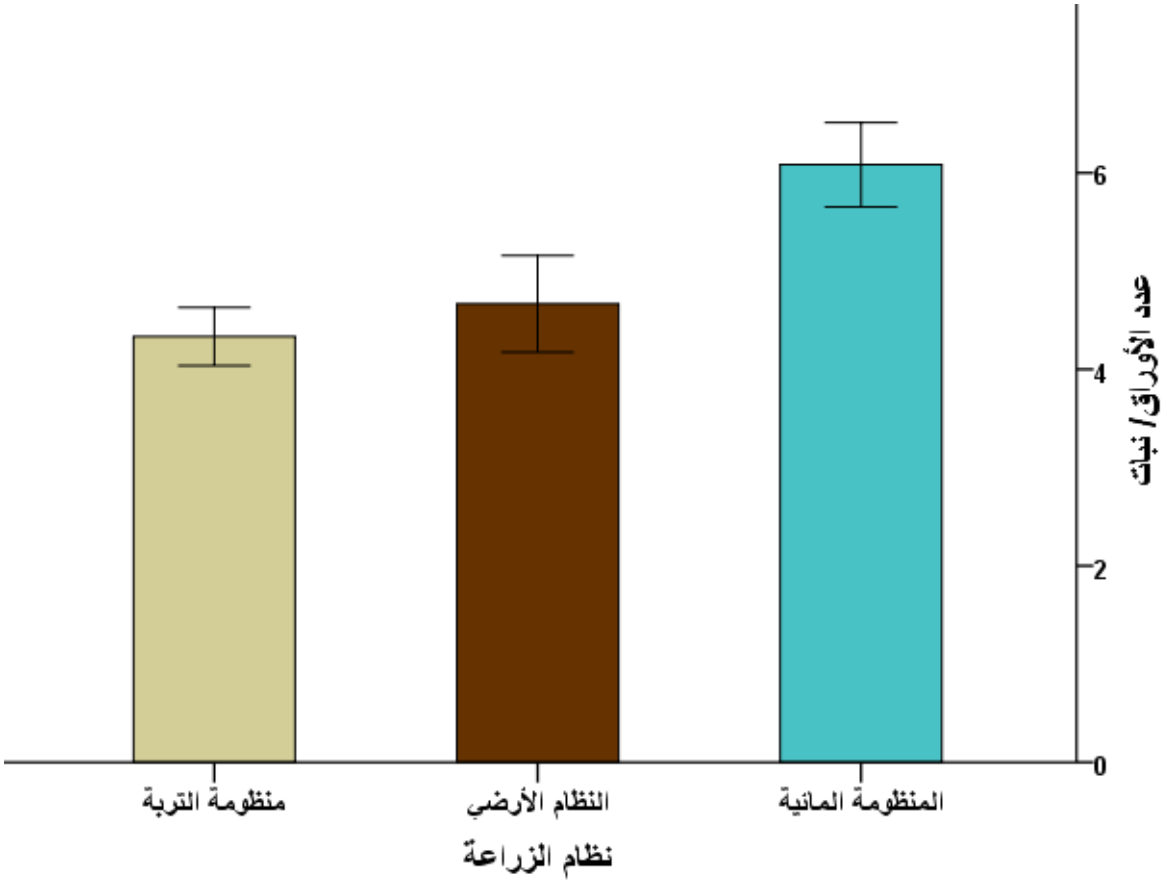
شكل18 : متوسط كفاءة امتصاص العناصر في نبات الجرجير(جم/100جم مادة جافة) في المنظومة المائية ومنظومة التربة.

4.4 تأثير نظام الزراعة على الصفات الظاهرية

بالمقارنة بين الأنظمة الثلاثة، سُجلت لنبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية أعلى متوسطات لطول المجموع الخضري، والمجموع الجذري، وقطر الساق، ومساحة الأوراق كما في الجدول (7)، وأعلى عدد أوراق على النبات الواحد كما في الشكلين (19، 20)، وكانت الفروق بين المتوسطات معنوية جداً ($P<0.001$). كما هو بالملحق (5)،

جدول 7: الصفات الظاهرية لنبات الجرجير (طول المجموع الخضري، طول المجموع الجذري، قطر الساق، ومساحة الورقة) في كل نظام زراعي.

نظام الزراعة	متوسط طول المجموع الخضري (سم)	متوسط طول المجموع الجذري (سم)	متوسط قطر الساق (سم)	متوسط مساحة الأوراق على النبات الواحد (سم^2)
منظومة التربة	0.22±7.42	0.19±6.88	0.016±0.20	2.16±38.38
النظام الأرضي	0.33±10.92	0.39±7.25	0.017±0.27	8.2±83.13
المنظومة المائية	0.50±15.67	0.87±13.38	0.019±0.34	7.9±167.46

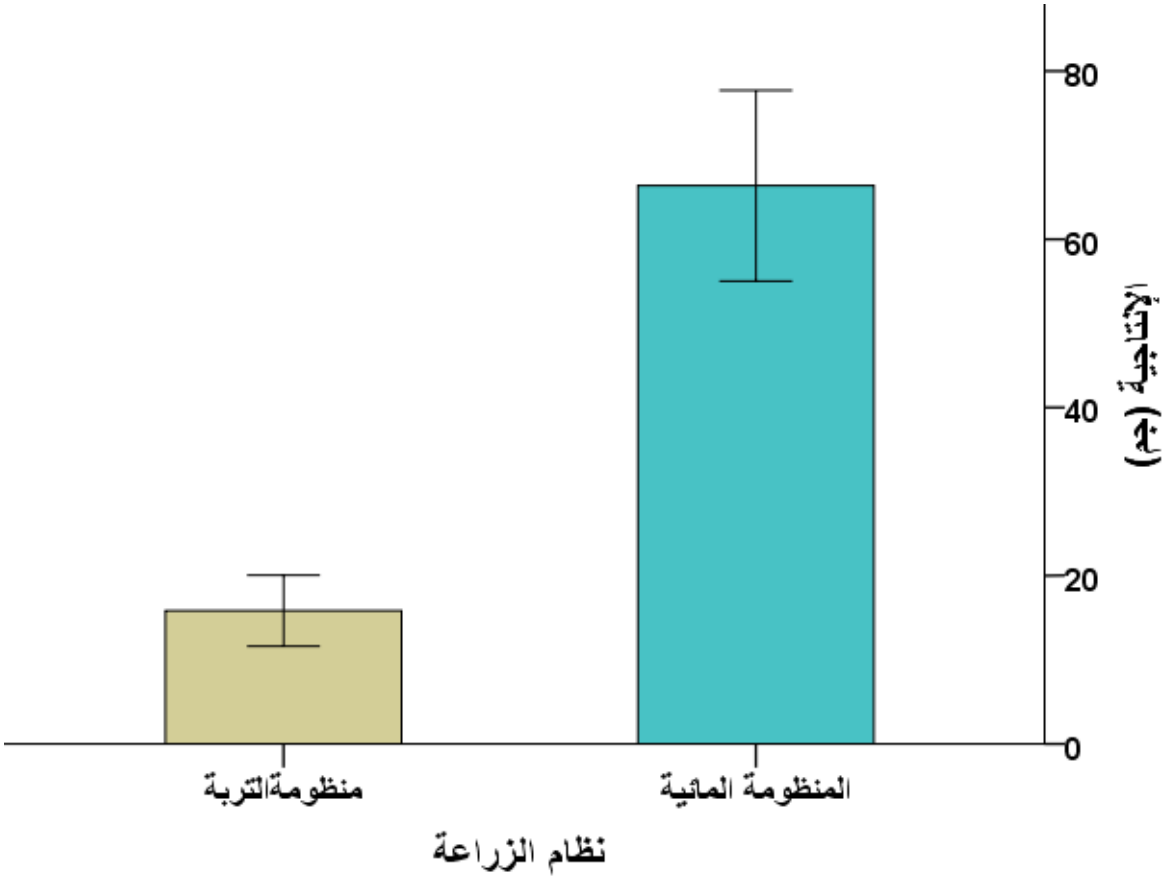


شكل19 : متوسط عدد الأوراق عل نبات الجرجير الواحد في كل من : المنظومة المائية، النظام الأرضي، ومنظومة التربة.

شكل 20: عدد الأوراق على نبات الجرجير الواحد في كل من: المنظومة المائية (1)، النظام الأرضي (2)، ومنظومة التربة (3).

5.4 تأثير نظام الزراعة على الإنتاجية وفترة النضج

تبين من خلال النتائج بالملحق (5) أن متوسط إنتاجية نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية أعلى من متوسط إنتاجيته في منظومة التربة، حيث كان الفرق بين المتوسطات (51جم)، وهذا الفرق معنوي جداً ($P<0.001$) ، والشكلان (21، 22)، يوضحان هذا الفارق. كما اختلفت فترة النضج بين نباتات الجرجير المزروعة في المنظومة المائية ومنظومة التربة، حيث كانت (21) و(45) يوما عل التوالي.

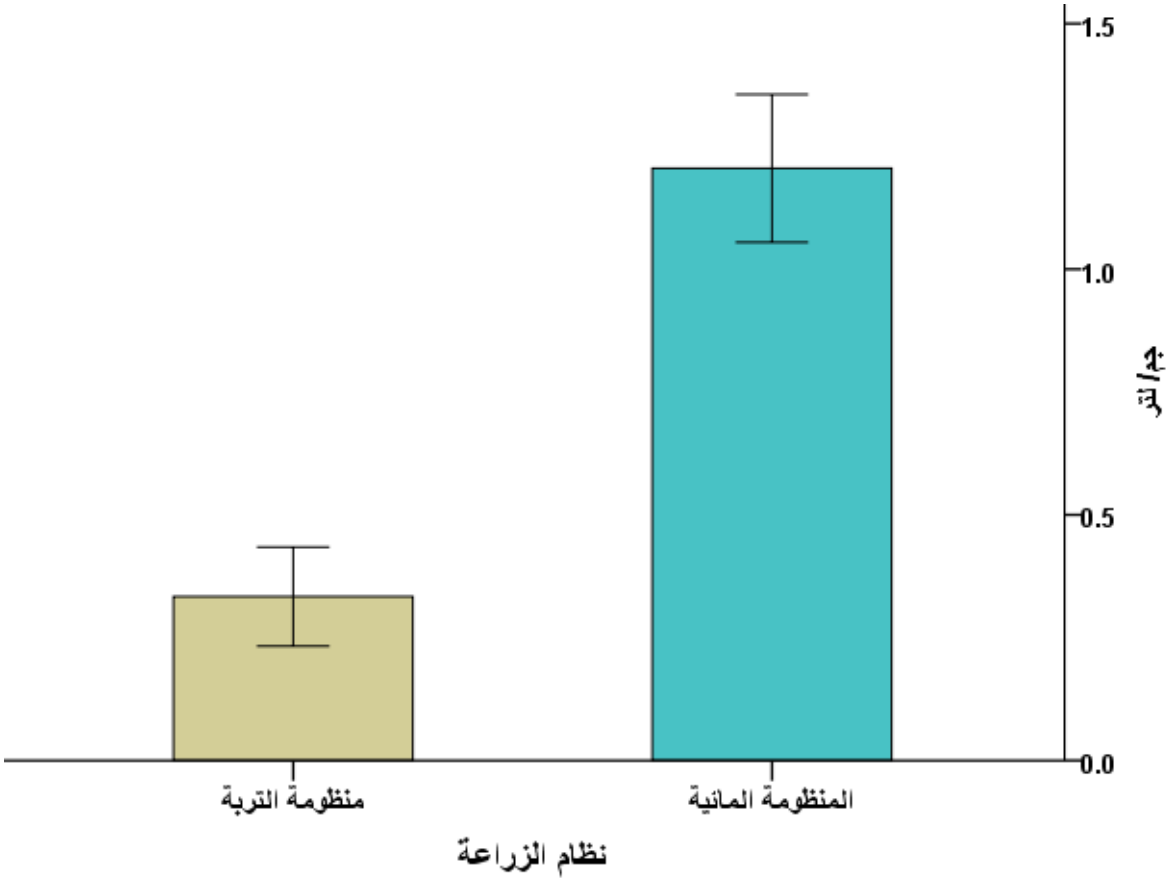


شكل21 : متوسط إنتاجية نبات الجرجير في المنظومة المائية ومنظومة التربة.

شكل 22: الفرق في حجم نبات الجرجير النامي في أصيص من المنظومة المائية مقارنة مع حجم النبات في أصيص من منظومة التربة، تم اختيارهما عشوائيا.

6.4 تأثير نظام الزراعة على كفاءة استخدام الماء

توضح النتائج بالملحق (5) أن متوسط كفاءة استخدام الماء لنبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية أعلى من متوسطه في منظومة التربة بمقدار (4) أضعاف، والفرق بين المتوسطات معنوي جداً (P>0.001)، والشكل (23) يوضح ذلك.



شكل23 : تأثير نظام الزراعة على متوسطات كفاءة استخدام نبات الجرجير للماء المزروعة في كل من المنظومة المائية و منظومة التربة.

المناقشة
Discussion

5. المناقشة

من خلال النتائج الموضحة بالشكلين (15،16) تبين أن لنظام الزراعة تأثير معنوي جداً (P>0.001) على نسب إنبات البذور، حيث إن عدد البذور النامية في كل أصيص كانت أعلى في المنظومة المائية ؛ وقد يرجع ذلك للوسط المثالي للنمو، حيث الرطوبة الجيدة، والدائمة، وغياب جهد شد التربة (Schmidt *et al.*, 2009؛ pecanha *et al.*، 2021). وهذا ما يتوافق مع نتائج دراسة Gashgari *et al.*, (2018)، والتي أشارت إلى أن نباتات الخيار المزروعة في النظام المائي لها معدل نمو أعلى منه في التربة. وفي نتائج دراسة مماثلة قام بها Aliniaeifard *et al.*, (2011)، والتي أظهرت زيادة معنوية في جميع خصائص النمو لنبات اللويزة عند الزراعة في وسط البرلايت مقارنة بوسط التربة، وقد عُزي ذلك إلى البرلايت وما يمتاز به من ميزات كوسط للنمو. وما أكدته نتائج دراسة Yurina *et al.*, (2019)، التي أجريت على نبات القمح في النظام المائي والمروي بأنواع مختلفة من المياه، حيث بلغ معدل إنبات البذور (98%).

ويلاحظ من خلال الشكل (17)، أن لنوع الزراعة تأثيراً معنويا على محتوى النبات من الكلوروفيل، والذي كان محتواه في أوراق نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية أعلى نسبياً، منه في أوراق نبات الجرجير المزروع في كل من منظومة التربة والنظام الأرضي؛ وقد يرجع ذلك إلى توفر وتيسر العناصر والماء باستمرار في هذا النظام، وهذا ما أكدته نتائج دراسة Sankhalkar *et al.*, (2019)، التي أظهرت ارتفاع محتوى الكلوروفيل في شتلات الباميا المزروعة في النظام المائي مقارنة بالشتلات المزروعة بالتربة. وما يتوافق أيضا مع نتائج دراسة أجراها Abu-Shahba *et al.*, (2020) ، حيث وجد أن محتوى الكلوروفيل في نبات الخس المزروع في النظام المائي أعلى معنويا من محتواه عند زراعته في التربة، وقد عزي ذلك إلى أن البرلايت المستخدم كوسط نمو يوفر بيئة زراعية مناسبة، من حيث التهوية الكافية، والمسامية اللازمة للتبادلات الهوائية والغازية لجذور النبات، كما أن له قدرة عالية على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، وإيصالها إلى النبات؛ الأمر الذي يزيد من كفاءة عملية البناء الضوئي (Ebrahimi *et al.*, 2012). وهذا ما أظهرته نتائج دراستنا الموضحة بالشكل (18)، حيث إن كفاءة امتصاص العناصر في نبات الجرجير اختلفت اختلافاً معنوياً في النظامين الزراعيين، فكانت نسبة امتصاص النيتروجين والبوتاسيوم أعلى في نبات الجرجير المزروع في المنظومة المائية؛ وهذا قد يرجع لتيسر وتوفر هذه العناصر في المحلول المغذي المضاف لمياه الري بصورة دائمة؛ مما يسهل على النبات امتصاصها في أي وقت شاء. وهذا ما توصلت إليه نتائج دراسة Rouphael *et al.*, (2003)، حيث وجد إن النباتات المزروعة من دون تربة تتمتع بامتصاص أكبر للعناصر الغذائية كالنيتروجين والماغنسيوم والحديد. وبذلك تنعكس زيادة كفاءة امتصاص العناصر بالإيجاب على تكوين المركبات الداخلة في تركيبها في النبات مثل الكلوروفيل، والتي بدورها ترفع من قيمته الغذائية، وهذا ما أكدته نتائج دراسة قام بها Palermo *et al.*, (2011)، على نبات فول الصويا، الذي زادت معدلات تكوين الدهون فيه من (17.37 إلى 21.94جم/ 100جم) من المادة الجافة، إضافة إلى زيادة في إجمالي

تكوين الألياف الغذائية من (21.67 إلى 28.46جم/ 100جم) من المادة الجافة في الزراعة المائية عنه في الزراعة التقليدية. ويدعم هذه النتائج أيضا ما توصلت إليه الدراسة التي أجريت على نبات الأقحوان، حيث وجد أن حمض الكلوروجينيك والفلافونويد كانا بتراكيز في الزراعة المائية تفوق تراكيزها في الزراعة بالتربة بمقدار (0.6 و6.5 ملجم/جم) من وزن النبات جاف على التوالي (Ai *et al.*, 2021).

أما بالنسبة لمحتوى نبات الجرجير من الفسفور، فقد كان أعلى في النباتات المزروعة في منظومة التربة منه في المنظومة المائية؛ وقد يُعزى هذا إلى الفارق في مراحل نمو النبات أثناء أخذ العينات للمختبر.

كما أظهرت النتائج المبينة في الجدول (7) وفي الشكلين (19، 20)، أن لنوع نظام الزراعة تأثيراً معنوياً على الصفات الظاهرية لنبات الجرجير، المتمثلة في: طول المجموع الخضري، وطول المجموع الجذري، وقطر الساق، ومساحة الورقة، وعدد الأوراق، حيث كانت كلها عالية المعنويةً ($P>0.001$) في المنظومة المائية؛ وقد يعود هذا إلى الظروف المثلى، من توفر وتيسر للعناصر الغذائية، وعدم وجود الإجهادات التي يتعرض لها النبات المزروع في التربة وانعكاسها على هذه الصفات، وهذا ما يتوافق مع نتائج دراسة Gashgari *et al.*, (2018)، التي أجريت على نبات الخيار، الذي كان الفرق بين متوسط ارتفاع نبات الخيار وطول أوراقه (68.5ملم و5ملم) على التوالي، حيث تفوق النظام المائي. وما يتوافق أيضا مع نتائج الدراسة التي أجريت على نبات القمح في النظام المائي، حيث أن طول البراعم والجذور زادت بنسبة (35.2%، 84.1%) على التوالي (Yurina *et al.*, 2019). وكذلك ما أكدته نتائج الدراسة التي أجريت على نبات الأقحوان، حيث ارتفع عدد الأزهار لكل نبات بمقدار(16) زهرة، والوزن الجاف لكل زهرة زاد بمقدار (8جم) عند مقارنته بالزراعة في التربة (Ai *et al.*, 2021). وتدعم نتائجنا أيضا الدراسة التي أجراها poorshahabadi *et al.*, (2019)، والتي استنتجت أن الوزن الطازج والجاف للجذور والأوراق، ومساحة الورقة في نباتات الريحان الأخضر، والخس، والفجل، والشبت، والكزبرة، كانت جميعها أعلى معنويا في الزراعة المائية مقارنة بزراعتها في التربة.

ومما سبق يتضح أن التأثير الإيجابي والمعنوي للزراعة المائية على الصفات المدروسة في هذه التجربة والمشار إليها أعلاه، قد انعكس في نهاية المطاف على إنتاجية نبات الجرجير، وهذا ما يبدو واضحا في الشكلين (21، 22)، و يتوافق مع نتائج الدراسة التي أجريت على نبات الخس، والتي تضاعف فيها الإنتاج في نظام الزراعة المائية (11) مرة، مقارنة بالإنتاج تحت نظام الزراعة في التربة (Barbosa *et al.*, 2015). وفي نتائج دراسة مماثلة قام بها Shongwe *et al.*, (2019)، التي أجريت على نبات الكوسة الذي زُرع في النظام المائي ونظام التربة، حيت كان إنتاج الزراعة المائية أعلى بفارق (10 طن/هكتار). كما أكد على ذلك أيضا الدراسة التي أجريت على نبات الفراولة، والتي حققت نتائجها إنتاجا أعلى في النظام المائي بنسبة (17%)، مقارنة بالفراولة المزروعة في نظام التربة (Treftz and Omaye, 2016). ومن النتائج الداعمة لذلك نتائج دراسة Elmulthum *et al.*,

(2023)، التي كان إنتاج المتر المربع الواحد من الأعلاف الخضراء الطازجة والمادة الجافة في الزراعة المائية أعلى بمقدار (2.83 و 2.3) مرة على التوالي، من تلك المتحصل عليها من الحقل.

وطال التأثير الإيجابي للزراعة المائية أيضا التسريع من مرحلة النضج، حيث كان الفارق في فترة النضج (24) يوما لصالح المنظومة المائية، وهذا ما يتوافق مع Al- karaki and Al- Hashimi, (2012)، حيث اختزلت دورة حياة النبات من (7إلى 10) أيام في نظام الزراعة المائية، و يتطابق أيضا مع الدراسة التي أجريت على نبات الخس لتقييم أنظمة الزراعة المائية ومقارنتها مع الزراعة في التربة، حيث انخفضت فترة نمو النبات بمقدار (15) يوما (Majid *et al.*, 2021).

علاوة عن كل النتائج الإيجابية السابقة الذكر، فقد تم تسجيل كمية الماء المستهلكة للنبات أثناء موسم النمو، واحتساب كفاءة استخدام الماء لكل أصيص في المنظومة المائية ومنظومة التربة، وقد تبين أن هناك اختلافا معنويا جداً ($P>0.001$)، حيث كان الفرق في كفاءة استخدام الماء بين المنظومتين أربعة أضعاف بتفوق المنظومة المائية كما موضح بالشكل (23)، وقد يرجع ذلك إلى الزيادة في تكوين المادة الخضراء(زيادة مساحة الورقة، وزيادة عدد الأوراق) من جهة، والنقص في معدل استهلاك الماء نتيجة عدم وجود بخر في النظام المائي المغلق المتبع في هذه التجربة من جهة أخرى، وهذا ما يتوافق مع دراسة أجريت على نبات الطماطم (verdoliva *et al.*, 2021). وفي نتائج دراسة مماثلة حيث انخفضت المياه المستخدمة للري في إنتاج نبات الخيار بنسبة (33%) مقارنة بالزراعة التقليدية؛ وفسر هذا الانخفاض إلى النظام المائي المغلق وإعادة تدوير ماء الري(Grewal *et al.*, 2011). وتدعم نتائجنا أيضا نتائج دراسة قام بها Elmulthum *et al.*, (2023)، والتي أجريت على أعلاف الحيوانات، حيث إن الطن الواحد من الأعلاف الخضراء المنتجة في الزراعة المائية يتطلب كمية مياه تقل بمقدار (114) متراً مكعباً من المستهلكة في الحقل المفتوح؛ لذا فإن كفاءة استخدام الماء على أساس المادة الطازجة في الزراعة المائية أكبر (48) مرة من الزراعة التقليدية.

الخلاصة

conclusion

6. الخلاصة

نستنتج من هذه الدراسة أن نظام الزراعة المائية له تأثير فعال على زيادة نسب الإنبات ومحتوى الكلوروفيل، وكفاءة امتصاص العناصر، وعلى تحسين الصفات الظاهرية طول المجموع الخضري، والجذري، وقطر الساق، وعدد الأوراق، ومساحتها، وزيادة الإنتاجية، وكفاءة استخدام الماء، واختزال في فترة نضج النبات، وكذلك مواصلة نموه وتطوره مع درجات حرارة الجو العالية في زمن التجربة، عند مقارنته بنظام الزراعة في التربة بحسب ما تمت الإشارة إليه في نتائج هذه الدراسة، وما يزيد هذا النظام فعالية كونه نظاما مغلقا، يُمكن من إعادة استخدام الماء، و يقلل كمية المياه المستهلكة بالبخر، ومن ثم يقلل من إهدار وتسرب الماء والمغذيات، مما ينعكس إيجابيا على كفاءة استخدامه للماء، إضافة إلى عدم الحاجة في أغلب الأحيان إلى المبيدات الحشرية والفطرية في هذا النوع من الزراعة، مما يجعله أسلوبا آمنا وصديقا للبيئة؛ ومن هنا يمكننا الإشادة بهذا الأسلوب من الزراعة للحصول على نمو أسرع، وخواص أمثل، وإنتاج أعلى كمًّا و جودة، ولتفادي العديد من المشاكل التي يعانيها النبات في التربة، وخاصة في المناطق الواقعة في نطاق الترب الحدّية غير الصالحة للزراعة، كما أنها مناسبة للأحياء السكنية ذات المساحات الزراعية المحدودة. وعلى الرغم من الميزات التي يتحصل عليها النبات تحت هذا الأسلوب من الزراعة، إلا أنه مكلف نسبيا كنماذج فردية، وتحتاج لمتابعة دورية.

التوصيات

Recommendations

7. التوصيات

- الاهتمام بالباحث العلمي من قبل الدولة، وحلحلة كل ما يعرقل بحثه في إطار سعيه إلى إعداد دراسته العلمية، من توفير للمعامل و المختبرات؛ لتسريع عجلة النهوض بالبحث العلمي.
- دعم الأبحاث والمشاريع التي تخص الزراعة المائية.
- نشر ثقافة الزراعة المائية في المنازل، للاكتفاء الذاتي.
- إجراء المزيد من الأبحاث المكملة لهذه الدراسة، كالمقارنة بين الزراعة في النظام المائي والزراعة في التربة من الناحية التشريحية، وكذلك جودة المكونات الغذائية داخل النبات في كل نظام.

المراجع
References

8. المراجع

1.8 المراجع العربية

- الجنة الخضراء (2021). مشروع مبتكر للزراعة المائية في ليبيا، *مجلة العرب*، 12028.
- حسن،أحمد (1991). إنتاج محاصيل الخضر. الدار العربية للنشر، الطبعة الأولى، ص614، 632-633.
- سعد،شكري (1994). النباتات الزهرية نشأتها- تطورها- تصنيفها، دار الفكر العربي، ص 371- 374.
- يعقوب،غسان، مياسة،وفاء (2009). دراسة الأهمية الاقتصادية للزراعة المائية، *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية*- سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (31)، العدد (5).

2.8 المراجع الأجنبية

Abu-shahba, M., Mansour, M., Mohamed, H.,& Sofy, M.(2021). Comparative cultivation and biochemical analysis of iceberg lettuce grown in sand soil and hydroponics with or without microbubbles and macrobubbles. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 389-403.

Ai, P., Liu, X., Li, Z., Kang, D., Khan, M., Li, H., Shi, M.,& Wang, Z.(2021). Comparison of chrysanthemum flowers grown under hydroponic and soil-based systems: yield and transcriptome analysis. *BMC plant biology*, 21: 517, 1-17.

Aliniaeifard, S., Rezaei-Nejad, A., Seifi-Kalhor, M., Shahlaei, A.,& Aliniaeifard, A.,(2011). Comparison of Soil and Perlite (with Nutrient Solution Supply) Growing Media for Cultivation of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* var. 'Verbena'). *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*,5, 30-33.

Al-karaki, G., & AL-Hashimi, M. (2012). Green Fodder Production and Water Use Efficiency of Some Forage Crops under Hydroponic Conditions. *International Scholarly Research Network*, 924672, 1-5.

Almarzooqi, M.(2018). Life Cycle Assessment of Conventional, Organic Green-House and Hydroponic Tomato Cultivation System in Abu Dhabi, UAE. Master's Thesis, Khalifa University.

Al-Shehbaz, I. (2012) A generic and tribal synopsis of the Brassicacceae (Cruciferae). *Taxon*, 61(5), 931-954.

Asaduzzaman, MD., Kobayashi, Y., Mondal, Md., Ban, T., Matsubara, H., Adachi, F.,& Asao, T.(2013). Growing carrots hydroponically using perlite substrates. *Scientia Horticulturae*, 159,113-121.

Ashok, AD.,& Sujitha, E.(2020). Hydroponic vegetable cultivation. *International Journal of Chemical Studies*, 8(5), 1207-1213.

Babarabie, M., Zarei, H., Badeli, S.,& Mollazadeh, V.(2018). Effects of salicylic acid and thiamine on flowering and morphological traits of tuberose cut flowers in both hydroponic and soil systems. *Iranian Journal of Horticultural science*, 49(1).

Barbosa, G., Gadelha, F., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm,L., Weissinger E., Wohlleb, M.,& Halden, R.(2015). Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. *Environmental Research and Public Health*, 12, 6879-6891.

Boyer, J. S. (1970), Leaf Enlargement and Metabolic Rates in Corn, Soybean, and Sunflower at Various Leaf 'Water Potentials. *Plant Physiol*, 46, 233-235.

Douglas, J.(1975). Hydroponics (5th ed.). Bombay: oxford UP.1-3.

Dunn, B.(2013). Hydroponics. Technical Report, HLA-6442Affiliation: Oklahoma State University.

Ebrahimi, R., Ebrahimi, F.,& Ahmadizadeh, M. (2012). Effect of Different Substrates on Herbaceous Pigments and Chlorophyll Amount of Strawberry in Hydroponic Cultivation System. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 12 (2), 154-158.

Elmulthum, N., Zeineldin, F., Al-Khateeb, S., Al-Barrak, K., Mohammed, T., Sattar, M.,& Mohmand, A.(2023).Water Use Efficiency and Economic Evaluation of Hydroponic versus Conventional Cultivation Systems for Green Fodder Production in Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(1),822.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). Water for Sustainable Food and Agriculture. *A report produced for the G20 Presidency of Germany*.

Gámez, L., Soba, M., García-Mina, M., Aranjuelo, M., & Morales, F. (2019). Effect of Water Stress during Grain Filling on Yield Quality and hysiological Traits of Illpa and Rainbow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars. *MDPI journal, plants article*, 8,173.

Garg, G.,& Sharma, V. (2014). Eruca sativa (L.): Botanical Description, Crop Improvement, and Medicinal Properties. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 20: 171-182.

Gashgari, R., Alharbi, K., Mughrbil, K., Jan,A., & Glolam, A.(2018).Comparison between Growing Plants in Hydroponic System and Soil Based System. Proceedings of the 4th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering , 18, 1-7.

Gericke, W.(1940). The complete Guide to Soilless Gardening(1st ed.). London: Putnam.pp.9,10,38&84. ISBN 978-1-163-14049-9.

Green way, H., & Munns, R. (1980), Mechanlsms of Salt Tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31: 149-190.

Grewal, H., Maheshwari,B.,& Parks, S.(2011). Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop. *Agricultural Water Management*, 98(5), 841-846.

Hassan, M. (2013). Effect of subcritical water repellency on plant growth model experiments with alfalfa and wheat. *Der Andere Verlag*, Germany.

Hietz, P.(2006). Water Use Efficiency in Plant Biology. *Journal of Plant Physiology*, 163(2): 229-230.

Hollmann, RE.(2017). an Aquaponics Life Cycle Assessment: Evaluating an Inovative Method For Growing Local Fish And Lettuce. Master's Thesis, University of Colorado.

Horwitz, W.,& Latimer, GW. (2000). Association of Official Analytical Chemists, *Gaithersburg, MD, USA*. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.

Jones, J.B. 2005. Hydroponics: A practical Guide for the soilless Grower, 2nd ed. CRC Press: *Boca Raton*, Florida 33431.

Kide, W., Desai, B.,& Dhekale,J.(2015).Feeding effects of Maize and Barley Hydroponic Fodder on Dry Matter Intake, Nutrient Digestibility and body Weight Gain Of Konkan kanyal Goats. *Life Sciences International Research Journal*, 2(2), 96-101.

Leal, L., Souza, E., Junior, J.,& Santos, M. (2020). Comparison of soil and hydroponic cultivation system for spinach irrigated with brackish water. *Scientia Horticulturae*, 274, 109616.

Lei, C.,& Engeseth, N.(2021). Comparison of growth characteristics functional qualities, and texture of hydroponically grown and soil-grown lettuce. Lwt 150,111931.

Lucas, M., Bardopoulou, E., Sarafopoulos, S., Voulgari, M.,& Grillas, S.(1999) Perlite based soilless culture systems: Current commercial applications and prospects. *International Symposium on Growing Media and Hydroponics*, 548, 105-114.

Majid, M., Khan,J., Shah, Q., Masoodi, K., Afroza, B.,& Parvaze, S.(2021). Evaluation of hydroponic system for the cultivation of Lettuce(*Lactuca sativa* L., var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. *Agricultural Water Management*, 245,106572.

Malik, A., Iqbal, K., Aziem, S., Mahato, P.,& Negi, A. (2014)A Review on The Science of Growing Crops without Soil (Soilless Culture)-A Novel Alternative For Growing Crops. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7, 833–842.

Marsic, NK.,& Jakse, M., (2010). Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 654-658.

Maucieri,C.,Nicoletto,C.,Os,E.,Anseeuw,D.,Havermaet,R.,&Junge,R.,(2019). Hydroponic Technologies. Research Gate,77-93.

Meselmani, M., (2022). Nutrient solution for hydroponics. *Recent Research and Advances in Soilless Culture.*

Moayedi, A., Boyce, A., & Barakbah,S., (2009). Study on Osmotic Stress Tolerance in Promising Durum Wheat Genotypes Using Drought Stress Indices. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(5), 603-607.

Naik, P., Swain, B.K., & Singh, N.P. (2015). Production and Utilisation of Hydroponics Fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32(1), 1-9.

Palermo, M., Paradiso, R., Pascale, S., & Fogliano, V. (2011). Hydroponic Cultivation Improves the Nutritional Quality of Soybean and Its Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 250−255.

Pecanha, D., Chiamolera, T., Chourak, Y., Rivera, E.,& Urrestarazu, M. (2021) Effect of the Matric Potential on Growth and Water, Nitrate and Potassium Absorption of vegetables under Soilless Culture. *Original Paper*.

Poorshahabadi, L., Mirdehghan, H.,& Roosta, HR.(2019). Comparison of minerals and bioactive compounds of six vegetable species in microgreen stage in hydroponic and soil production systems. *Journal Of Horticultural Science*, 33(1), 113-126.

Rouphael, Y., Colla, G., Battistelli, A., Moscatello, S., Proietti, S., & Rea, E. (2003). Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 79 (3) 423–430.

Samadi, A.(2011). Effect of particle size distribution of perlite and its mixture with organic substrates on cucumber in hydroponics system. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*, 13 (1), 123-130.

Samarah, N. (2005). Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for Sustainable Development, 25(1), 145-149.*

Sankhalkar, S., Komarpant, R., Dessal, T., Simoes, J.,& Sharma, S. (2019). Effect of Soil and Soil-Less Culture on Morphology, Physiology and Biochemical Studies of Vegetable Plants. *Current Agriculture Research Journal*. 7(2), 181-188.

Schaefer, K.(2017). Canadian greenhouse industry seeks methods to reduce pollution into Lake Erie. *Marketplace*.org.

Schmidt, S., Gregory, P., Bengough, A., Grinev, D.,& Young, I. (2009). New methods for examining the effects of matric potential and root-soil contact on crop root growth and function. International Symposium "Root Research and Applications Root RAP, 2–4 September 2009, *Boku – Vienna*, Austria.

Sharma,N., Acharya,S., Kumar,K., Singh,N., & Chaurasia,O. (2019). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364-371.

Shongwe, L., Masarirambi, M., Oseni, T., Wahome, P., Nxumalo, K.,& Gule , P. (2019). Effects of Hydroponics System on Growth, Yield and Quality of Zucchini(*Cucurbita pepo L*.).*Journal of Plant Studies*. 8(2), 62-72.

Sneath, R.,& McIntosh, F.(2003). Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. *Department of Primary Industries*.

Thiex, N.(2016). Determination of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Release Rates of Slow- and Controlled-Release Fertilizers: single-Laboratory Validation. *Journal of AOAC International*, 99(2).

Treftz, C.,& Omaye, S.(2016). Comparison between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. *International Journal of Agricultural*, 3(3),195-200.

Velazquez- Gonzalez, R., Garcia-Garcia, A., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J.,& Sosa-Savedra, J.(2022). A Review on Hydroponics and Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations. *MDPI Agricultur*,12,646.1-21.

Verdoliva, S., Jones, D., Detheridge, A., & Robson, P. (2021). Controlled comparisons between soil and hydroponic systems reveal increased water use efficiency and higher lycopene and ß- carotene contents in hydroponically grown tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 279, 109896.

Verner, D., Roos, N., Halloran, A., Surabian, G., Tebaldi, E., Ashwill, M., Vellani, S.,&Konishi, Y.(2021).Insect and Hydroponic Farming in Africa. *The New Circular Food Economy*.

Yurina, N., Koshchaev, A., Osepchuk, D., Maksim, E., Danilova, A.,& Shumeiko, D.(2019) Artificial Ecological System- Hydroponics: The Wheat Grains Germination Rate. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 4957-4960.

3.8 المواقع الإلكترونية

موقع برنامج Image J /https://ar.all10soft.com/imagej-windows-10

الملاحق

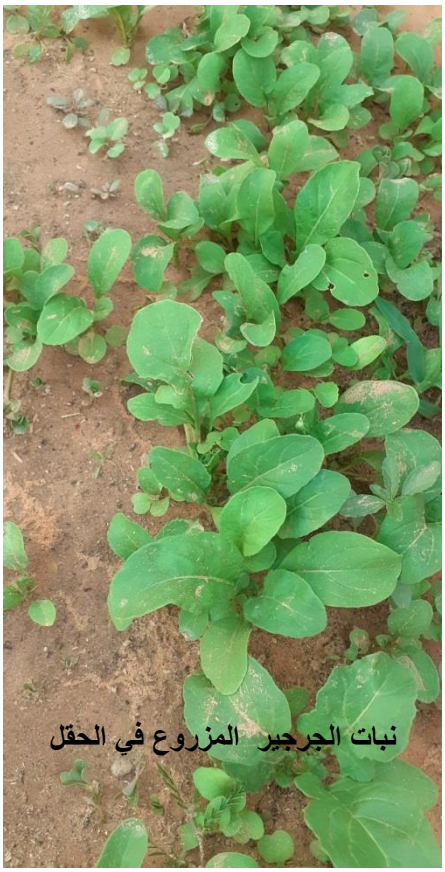
Appendices

9. الملحق

ملحق 1: القيمة الغذائية لكل 100 جرام جرجير(After (Garg and Sharma,2014

المكونات الرئيسية	القيمة الغذائية
السعرات الحرارية	25 Kcal
الكربوهيدرات	3.65 g
البروتين	2.58 g
الدهون الكلية	0.66 g
الكوليسترول	0.00 mg
الألياف الغذائية	1.60 g
الفولات	µ 97.0g
النياسين	0.305 mg
حمض البانتوثنيك	0.437 mg
البيريدوكسين	0.073 mg
الريبوفلافين	0.086 mg
الثيامين	0.044 mg
فيتامين C	15.0 mg
فيتامين A	2373 IU
فيتامين E	0.43 mg
فيتامين K	108.6 µg
الصوديوم	27.0 mg
البوتاسيوم	369.0 mg
الكالسيوم	160.0 mg
النحاس	0.076mg
الحديد	1.46 mg
الماغنسيوم	47.0 mg
المنجنيز	0.321 mg
الفسفور	52.0 mg
السيلينيوم	0.3 µg
الزنك	0.47 mg
بيتا- كاروتين	1424 µg
ألفا- كاروتين	0.0 µg
الليوتين- الزياكسانثين	µ 3555g

ملحق 2 : صور متفرقة لنبات الجرجير وبعض من مواد وجوانب التجربة.



هدم التجربة

التربة الرملية

المحلول المغذي هيدروليبيا

ملحق 3: مراحل الإنبات لنبات الجرجير في كلا النظامين من بدء الزرع حتى النضج.

ملحق 4: الأجهزة المستخدمة في تقدير نسبة العناصر الكبرى في النبات.

أ: جهاز كلدال.

ب: جهاز مقياس ضوء اللهب.

ج: جهاز مقياس الطيف الضوئي.

ملحق5 : نتائج التحليل الإحصائي لمتوسط (نسبة الإنبات، نسبة الكلوروفيل، كفاءة امتصاص العناصر الكبرى، الصفات الظاهرية، الإنتاجية، و كفاءة استخدام الماء) لنبات الجرجير المزروع في كل من النظام المائي والتربة.

Group Statistics

نسبة الإنبات%

	Type	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
نسبة الإنبات%	منظومة التربة	24	26.8292	15.67727	3.20011
	المنظومة المائية	24	78.7250	12.21073	2.49251

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
						Significance				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	T	Df	One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
نسبة الإنبات	Equal variances assumed	1.525	.223	-12.794-	46	<.001	<.001	-51.89583-	4.05627	-60.06067-	-43.73099-
	Equal variances not assumed			-12.794-	43.399	<.001	<.001	-51.89583-	4.05627	-60.07390-	-43.71777-

Descriptives

محتوى الكلوروفيل (SPAD)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	30.2917	13.18259	2.69089	24.7251	35.8582	6.00	48.00
النظام الأرضي	24	37.2500	8.20525	1.67489	33.7852	40.7148	19.00	49.00
المنظومة المائية	24	48.4583	2.79719	.57097	47.2772	49.6395	43.00	54.00
Total	72	38.6667	11.72334	1.38161	35.9118	41.4215	6.00	54.00

ANOVA

محتوى الكلوروفيل

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4032.583	2	2016.292	24.299	<.001
Within Groups	5725.417	69	82.977		
Total	9758.000	71			

محتوى البوتاسيوم

Group Statistics

Type		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
البوتاسيوم جم/100جم مادة جافة	منظومة التربة	9	3.2056	.25363	.08454
	المنظومة المائية	9	5.1844	.27327	.09109

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
						Significance				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	T	df	One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Potassium	Equal variances assumed	.045	.835	-15.923-	16	<.001	<.001	-1.97889-	.12428	-2.24235-	-1.71543-
	Equal variances not assumed			-15.923-	15.912	<.001	<.001	-1.97889-	.12428	-2.24247-	-1.71531-

محتوى النيتروجين

Group Statistics

	Type	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
النيتروجين	منظومة التربة	9	3.0333	.40000	.13333
(جم/100جم وزن جاف)	المنظومة المائية	9	4.1089	.59669	.19890

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
						Significance				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	T	Df	One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Nitrogen	Equal variances assumed	3.679	.073	-4.492-	16	<.001	<.001	-1.07556-	.23945	-1.58317-	-.56794-
	Equal variances not assumed			-4.492-	13.982	<.001	<.001	-1.07556-	.23945	-1.58919-	-.56192-

محتوى الفسفور

	Type	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
الفسفور (جم/100جم وزن جاف)	منظومة التربة	9	8.9111	.46420	.15473
	المنظومة المائية	9	5.0833	.80623	.26874

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
						Significance		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	T	Df	One-Sided p	Two-Sided p	Difference	Difference	Lower	Upper
Phosphor	Equal variances assumed	3.180	.094	12.343	16	<.001	<.001	3.82778	.31011	3.17038	4.48517
	Equal variances not assumed			12.343	12.779	<.001	<.001	3.82778	.31011	3.15666	4.49890

مساحة الورقة(سم²)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	38.3750	10.59866	2.16344	33.8996	42.8504	23.00	69.00
النظام الأرضي	24	83.1250	40.32295	8.23089	66.0981	100.1519	20.00	150.00
المنظومة المائية	24	167.4583	39.05846	7.97278	150.9654	183.9513	71.00	225.00
Total	72	96.3194	62.94259	7.41786	81.5287	111.1102	20.00	225.00

ANOVA

Leaf area

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	206217.444	2	103108.722	94.774	<.001
Within Groups	75068.208	69	1087.945		
Total	281285.653	71			

Descriptives

قطر الساق(سم)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	.2042	.08065	.01646	.1701	.2382	.10	.30
النظام الأرضي	24	.2667	.08165	.01667	.2322	.3011	.10	.40
المنظومة المائية	24	.3417	.09286	.01896	.3025	.3809	.20	.50
Total	72	.2708	.10131	.01194	.2470	.2946	.10	.50

ANOVA

Stem diameter

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.228	2	.114	15.658	<.001
Within Groups	.501	69	.007		
Total	.729	71			

Descriptives

طول المجموع الخضري(سم)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	7.4167	1.10007	.22455	6.9521	7.8812	5.00	10.00
النظام الأرضي	24	10.9167	1.61290	.32923	10.2356	11.5977	8.00	13.00
المنظومة المائية	24	15.6667	2.46129	.50241	14.6274	16.7060	12.00	20.00
Total	72	11.3333	3.84561	.45321	10.4297	12.2370	5.00	20.00

ANOVA

vegetative length

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	823.000	2	411.500	125.081	<.001
Within Groups	227.000	69	3.290		
Total	1050.000	71			

Descriptives

طول المجموع الجذري(سم)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	6.8750	.94696	.19330	6.4751	7.2749	5.00	8.00
النظام الأرضي	24	7.2500	1.89393	.38660	6.4503	8.0497	4.00	11.00
المنظومة المائية	24	13.3750	4.24072	.86563	11.5843	15.1657	7.00	21.00
Total	72	9.1667	4.03506	.47554	8.2185	10.1149	4.00	21.00

ANOVA

Root length

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	639.250	2	319.625	42.679	<.001
Within Groups	516.750	69	7.489		
Total	1156.000	71			

عدد الأوراق(ن/نبات)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
منظومة التربة	24	4.3333	.70196	.14329	4.0369	4.6297	3.00	5.00
النظام الأرضي	24	4.6667	1.16718	.23825	4.1738	5.1595	3.00	6.00
المنظومة المائية	24	6.0833	1.01795	.20779	5.6535	6.5132	4.00	8.00
Total	72	5.0278	1.23302	.14531	4.7380	5.3175	3.00	8.00

ANOVA

Number of leaves

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.444	2	20.722	21.501	<.001
Within Groups	66.500	69	.964		
Total	107.944	71			

الإنتاجية

Group Statistics

	Type	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
الإنتاجية	منظومة التربة	24	15.8333	9.99855	2.04095
(جم/أصيص)	المنظومة المائية	24	66.3750	26.83899	5.47849

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
productivity	Equal variances assumed	15.188	.000	-8.645	46	<.001	-50.54167	5.84630	-62.30967	-38.77367
	Equal variances not assumed			-8.645	29.263	<.001	-50.54167	5.84630	-62.49403	-38.58931

Group Statistics

كفاءة استخدام الماء	Type	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
كفاءة استخدام الماء	منظومة التربة	24	.3333	.23887	.04876
(جم/لتر)	المنظومة المائية	24	1.2054	.35650	.07277

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
						Significance				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	T	df	One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Water use efficiency	Equal variances assumed	3.009	.089	-9.956-	46	<.001	<.001	-.87208-	.08760	-1.04840-	-.69576-
	Equal variances not assumed			-9.956-	40.187	<.001	<.001	-.87208-	.08760	-1.04910-	-.69507-