

جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة واسط / كلية الزراعة
قسم علوم التربة والموارد المائية



تأثير محسنات التربة ومثبطات النتج على الاحتياجات المائية ومؤشرات
النمو وحاصل فستق الحقل المزروع باستعمال نظام الري بالتنقيط

رسالة

مقدمة الى مجلس كلية الزراعة / جامعة واسط وهي جزء من متطلبات نيل درجة
الماجستير في الزراعة / علوم التربة والموارد المائية

تقدمت بها

ريام مزهر عبد محمد

بإشراف

أ.د. جمال ناصر عبد الرحمن السعدون أ.د. رياض جبار منصور المالكي

2025م

1447هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾

صدق الله العلي العظيم

[الأنبياء: 30]

الاهداء

إلى روح من لم يغب عني يوماً،
إلى من رحل جسداً وبقي أثره حياً في قلبي ووجداني،
إلى أخي الشهيد، النبيل في حياته، العظيم في شهادته،
الذي علّمني معنى القوة، والإصرار، والثبات،
إلى من سطر بتضحياته أسمى معاني البطولة والفداء،
أهدي ثمرة جهدي هذه،
علّها تكون دعاءً علمياً يصل إلى مقامه الرفيع في جنان الخلد، ولعلّ الله يجعلها نوراً في قبره،
ورفعة في درجته.
وإلى أمي وأبي، منبع العطاء والبركة،
لمن حملاني بحب، وعلّماني الصبر، وسهرا على دربي،
إليكما كل الوفاء، فأنتم الأصل والامتداد، والدعاء لا ينقطع أبداً.
وإلى إخوتي الأعزاء، شركاء الرحلة، وسندي في دروب الحياة، جزاكم الله عني خيراً لما قدمتم
من دعم ومساندة.
وإلى ابني الغالي، ثمرة القلب، وأملي في الغد،
أهديك هذا الإنجاز، وأرجو أن يكون لك نبراساً تفخر به يوماً.

الشكر والعرفان

بكل فخر وامتنان، أحمد الله أولاً وآخراً على ما منحني من قوة وصبر لإتمام هذا العمل العلمي، الذي كان ثمرة مسيرة طويلة من الاجتهاد والتحدي.

أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى عمادة كلية الزراعة – جامعة واسط، ممثلة بكوادرها العلمية والإدارية، وإلى رئاسة قسم التربة والموارد المائية، على ما قدموه لي من دعم أكاديمي وبيئة علمية مشجعة.

كما أتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى مشرفي العزيزين:

الأستاذ الدكتور جمال ناصر السعدون، لما قدمه لي من إشراف علمي دقيق وتوجيهات سديدة ودعم متواصل كان له الأثر الكبير في إنضاج هذه الرسالة.

و الأستاذ الدكتور رياض جبار منصور المالكي، لمتابعته الكريمة وملاحظاته القيمة التي كان لها دور في تحسين وتطوير هذا العمل.

"وأتقدم بجزيل الشكر والامتنان لوالد طفلي، الذي كان سنداً حقيقياً لي اثناء مدة إنجاز هذا البحث، لما قدمه من دعم وتعاون أسهم بشكل كبير في تخطي التحديات وإتمام هذه الرسالة".

وإلى صديقتي الحبيبة الحوراء حيدر عدنان، التي كانت خير رفيق في أيام البحث الصعبة، ووقفت إلى جانبي بثبات ومحبة، شكري لك لا يفيكِ حقك.

ولا يفوتني أن أعبر عن تقديري العميق لزملائي وزميلاتي في دفعة الدراسات العليا، الذين كان لعونهم ومؤازرتهم طيب الأثر في نفسي.

وأتقدم بالشكر إلى الأخ المهندس أحمد كريم عبد الرضا من مديرية زراعة واسط على دعمه المتواصل ومساندته لي طيلة مدة الدراسة، مع خالص الدعاء له بدوام التوفيق والنجاح.

أشكر الأخ المهندس جواد شاكر كاظم من مديرية زراعة واسط على وقفته الطيبة ومساعدته لي في إنجاز الرسالة، متمنية له دوام التوفيق والنجاح.

المستخلص

أجريت دراسة حقلية أثناء الموسم الربيعي 2024 / 4/26 في محطة الأبحاث الزراعية التابعة لمديرية زراعة محافظة واسط – منطقة الكارضية، لدراسة تأثير محسنات التربة ومثبطات النتج على الاحتياجات المائية ونمو وحاصل محصول فستق الحقل *Arachis hypogaea* L. المزروع باستعمال نظام الري بالتنقيط السطحي. اعتمدت الدراسة تصميم الألواح المنشقة (Split Plot) ضمن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بثلاث مكررات وتضمنت عاملين و بمستويات مختلفة من محسنات التربة شملت الفحم الحيوي و البيتموس و البيرلايت وبدون محسن ومثبطات النتج و شملت منقوع الباميا واورسليك وبدون مثبط اعتمدت التجربة على حسابات دقيقة للاستهلاك المائي الفعلي ET_a ، التبخر-النتج المرجعي ET_o ومعامل المحصول K_c فضلاً عن مؤشرات النمو والحاصل لمحصول فستق الحقل.

كانت النتائج كما يلي :-

1-الاستهلاك الفعلي للماء ومعامل المحصول (K_c):

أظهرت النتائج أن معاملة (الفحم الحيوي و منقوع الباميا) حققت أقل استهلاك مائي كلي بلغ 353.6 مم، مقارنةً بمعاملة المقارنة التي سجلت 712.6 مم، أي بنسبة تقليل تجاوزت 50%. وفي مرحلة النضج، سجلت نفس المعاملة استهلاكاً فعلياً بلغ 165.6 مم، مقارنة بـ 354 مم في معاملة المقارنة. كما انخفض معامل المحصول (K_c) بشكل واضح في هذه المعاملة، إذ بلغ 0.38 في مرحلة النضج مقابل 0.81 في معاملة المقارنة، وهو ما يعكس كفاءة مائية عالية لاستهلاك الماء.

2-كفاءة استعمال الماء ونسبة توفير الماء :

سجلت معاملة الفحم الحيوي و منقوع الباميا أكبر كفاءة في استعمال الماء إذ حسنت من الإنتاج مقابل وحدة الماء المستهلك كما سجلت نسبة توفير ماء مرتفعة بلغت 50.38% مقارنة بمعاملة المقارنة وهو أعلى معدل بين جميع المعاملات كما أثبت مثبط النتج الطبيعي منقوع الباميا فعاليته مقارنةً بالمثبط الكيميائي أورسليك، إذ قلل الاستهلاك المائي بنسبة 10% مقارنة بـ 8% للأورسليك وأثبت فاعليته في خفض التبخر عن طريق الثغور دون التأثير السلبي على البناء الضوئي مع الحفاظ على النمو الخضري وفعالية فسيولوجية عالية.

3-ظهرت معاملة الفحم الحيوي ومنقوع الباميا تفوقاً واضحاً في مؤشرات النمو الخضري، إذ ارتفع طول النبات إلى 34.17سم وقطر الساق إلى 12.02مم مقارنةً بـ 21.00سم و 7.93مم في معاملة المقارنة، كما زادت المساحة الورقية إلى 13493سم² مقابل 2354سم²، وارتفع عدد الأفرع وعمق الجذور إلى 7.00فرع/نبات و 21.33سم مقابل 4.00فرع/نبات و 14.00 سم. وتشير هذه الزيادات إلى تحسين واضح في البيئة الرطوبية والتغذية، مما انعكس على تعزيز النمو البنائي والفسولوجي للنبات.

4-الوزن الرطب والجاف للنبات بلغ الوزن الرطب للنبات 0.560 كغم والوزن الجاف 0.218 كغم في معاملة الفحم الحيوي و منقوع الباميا)، مقارنةً بـ 0.180 كغم وزن رطب و 0.080 كغم وزن جاف في معاملة المقارنة، ما يدل على زيادة في التكوين الحيوي بفضل التوازن المائي والتمثيل الغذائي الفعال.

5-محتوى الكلوروفيل: ارتفع محتوى الكلوروفيل في معاملة (الفحم حيوي و منقوع الباميا) إلى 4.77 ملغم/غم ، في حين سجل 2.60 ملغم/غم في معاملة المقارنة، ما يشير إلى تحسن الكفاءة الضوئية وزيادة القدرة التمثيلية نتيجة لتحسين البيئة الرطوبية والتمثيل الغذائي داخل النبات.

6-الحاصل الكلي: حققت معاملة (الفحم الحيوي و منقوع الباميا) أعلى حاصل بلغ 596.4 كغم/دونم، مقارنةً بـ 126.0 كغم/دونم في معاملة المقارنة، بزيادة نسبتها 373.33% اي الزيادة 3.7 مرات في المعاملة المتفوقة مقارنة بمعاملة المقارنة ، مما يؤكد التأثير الإيجابي الكبير للتداخل بين محسنات التربة ومثبطات النتج في تعزيز الإنتاج.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
3-1	1- المقدمة Introduction
4	2- مراجعة المصادر Literature Review
4	1-2 محسنات التربة
5-4	1-1-2 مُحسن البرلايت
7-5	2-1-2 مُحسن الفحم الحيوي
8	1-2-3 مُحسن البتموس
10-9	2-2 مثبتات النتج
11-10	1-2-2 مثبت النتج منقوع الباميا
12 – 11	2-2-2- مثبت النتج اورسليك
13 – 12	2-2-3 التأثير الايجابي مثبتات النتج على النبات تحت ظروف الجفاف
14 - 13	2-3 واقع الموارد المائية في العراق
16 - 14	2-4 مياه الري و ادارتها و جدولتها
17 - 16	2-5 الاحتياجات المائية
19 - 17	2-6 الاستهلاك المائي
21 - 19	2-7 التبخر – نتج ETo الاستهلاك المائي المرجعي
21	2-8 التبخر- نتج ETa الاستهلاك المائي الفعلي
22	2-9 كفاءة استعمال الماء
23	2-10 نظام الري بالتنقيط
24	2-10-1 مميزات نظام الري بالتنقيط السطحي
24	2-10-2 عوامل تصميم منظومة الري بالتنقيط
25 - 24	2-10-2-1 المسافات بين انابيب التنقيط
26	2-10-2-2 تصريف منقطات الري
27	2-10-2-3 توزيع الرطوبة داخل التربة
28	2-11 معامل المحصول
31 - 29	2-12 فستق الحقل
32	3- مواد وطرائق العمل
32	3-1 موقع اجراء التجربة

32	2-3 تهيئة الارض للزراعة
33	3.3 الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل Physical and Chemical
35 - 33	1.3.3 الصفات الفيزيائية Physical Properties
37 - 36	2.3.3 الصفات الكيميائية Chemical Properties
38	4.3 نصب ومعايرة منظومة الري بالتنقيط Installation and Calibration of the Drip Irrigation System
38	1.4.3 حساب تصريف المنقطات Calculation of Emitter Discharge
39	2.5.3 حساب متوسط تصريف المنقطات Calculation of the Average Emitter Discharge
39	3.4.3 حساب المساحة المبتلة Calculation of the Wetted Area
39	4.4.3 حساب زمن الري Calculation of Irrigation Time
40	5.4.3 حساب مساحة الابتلال Calculation of the Wetted Area
40	6.4.3 حساب صافي عمق الارواء (Net Depth of) NDI Irrigation
40	5.3 تصميم وتوزيع معاملات التجربة Experimental Design and Treatment Layout
41	6.3 معاملات التجربة
41	7.3 المخطط الحقل للتجربة
43	8.3 التسميد Fertilization
43	9.3 محسنات التربة Soil Amendments
44	10.3 مثبطات النتج Antitranspirants
45	11.3 الري Irrigation
45	12.3 حساب عمق ماء الري (Calculation of Irrigation) d) Water Depth
46	13.3 التعشيب ومكافحة الادغال Weeding and Weed Control
48 - 47	14.3 مؤشرات النمو الخضري Vegetative Growth Indicators
48	15-3 الحصاد

49 - 48	16.3 الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) Actual Water Use
50 - 49	17-3 الاستهلاك المائي المرجعي (ETo)
50	18-3 معامل المحصول
50	19-3 حساب كفاءة استعمال الماء
50	3-20 التحليل الاحصائي Statistical Analysis
51	4- النتائج والمناقشة
54 - 51	1-4 الاستهلاك المائي الفعلي لمحصول فستق الحقل
58 - 56	2-4 الاستهلاك المائي الفعلي والاستهلاك المائي المرجعي ومعامل المحصول
60	3-4 مؤشرات نمو والحاصل
61 - 60	1-3-4 ارتفاع النبات
63 - 62	2-3-4 قطر الساق
66 - 64	3-3-4 عدد الافرع
68 - 66	4-3-4 المساحة الورقية
70 - 68	5-3-4 محتوى الاوراق من الكلوروفيل
71	6-3-4 عمق الجذور
73	7-3-4 الوزن الطري
75 - 74	8-3-4 الوزن الجاف
77 - 76	9-3-4 الحاصل الكلي
80 - 79	4-4 كفاءة استعمال الماء
82 - 81	4 - 5 نسبة توفير الماء
83	5- الاستنتاجات والتوصيات
83	1 - 5 الاستنتاجات
83	2 - 5 التوصيات
84	6 - المصادر
87 - 84	1- 6 المصادر العربية
114 - 88	2 - 6 المصادر الانكليزية
115	7- الملاحق

قائمة الجداول

رقم الصفحة	الجدول	ت
36	بعض الصفات الفيزيائية لتربة الحقل قبل الزراعة	1
37	بعض الصفات الكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة	2
43	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبرلايت المستخدم في التجربة	3
44	بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للبتموس المستخدم في التجربة	4
44	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الحيوي المستخدم في التجربة	5
45	بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لسليكات البوتاسيوم (اورسليك).	6
46	المحتوى الرطوبي وصفات التربة المستخدمة في جدولة الري	7
55	الاستهلاك المائي الفعلي ETa وعدد الريات واعماق ماء الري لمحصول فستق الحقل خلال مراحل نمو المحصول.	8
59	الاستهلاك المائي الفعلي ETa والاستهلاك المائي المرجعي ETo ومعامل المحصول Kc	9
62	تأثير معاملات الدراسة على ارتفاع النبات (سم).	10
64	تأثير معاملات الدراسة على قطر الساق (مم).	11
66	تأثير معاملات الدراسة على عدد افرع المحصول (فرع نبات ¹ م ²).	12
68	تأثير معاملات الدراسة على المساحة الورقية (سم ²)	13
70	محتوى الاوراق من الكلوروفيل (ملغم/غم).	14
72	تأثير معاملات الدراسة على عمق الجذر للمحصول (سم).	15
74	تأثير معاملات الدراسة على الوزن الطري (كغم/نبات)	16
76	تأثير معاملات الدراسة على الوزن الجاف للمحصول (كغم/نبات).	17
78	تأثير معاملات الدراسة على الحاصل الكلي للمحصول (كغم/دونم).	18
82	كفاءة استعمال الماء (كغم م ¹³ م ⁻³) ونسبة توفير مياه الري (%).	19

قائمة الاشكال

رقم الصفحة	الشكل	ت
7	مخطط يوضح عملية انتاج الفحم الحيوي (GBC)	1
18	الاستهلاك المائي خلال مراحل النمو 1998, (FAO).	2
32	موقع التجربة في حقول محطة الابحاث الزراعية، منطقة الكارضية الكوت، واسط	3
35	منحنى الوصف الرطوبي لتربة حقل التجربة لعمق (0 - 30) سم	4
42	مخطط التجربة الحقلية	5

قائمة الملاحق

رقم الصفحة	الملحق	ت
115	مثال يوضح طريقة حساب عمق ماء الري وحجم ماء الري المضاف وزمن الري للرية الاولى ولعمق 10سم	1
116	شكل(7) جدول (10) تأثير معاملات الدراسة على صفة ارتفاع النبات(سم)	2
116	شكل(8) جدول (11) تأثير معاملات الدراسة على صفة قطر الساق (مم)	3
117	شكل(9) جدول (12) تأثير معاملات الدراسة على عدد الافرع للمحصول (فرع نبات ¹)	4
117	شكل(10) جدول (13) تأثير معاملات الدراسة على المساحة الورقية (سم ²)	5
118	شكل(11) جدول (14) تأثير معاملات الدراسة على محتوى الاوراق من الكلوروفيل (ملغم غم ¹)	6
118	شكل(12) جدول (15) تأثير معاملات الدراسة على عمق الجذر للمحصول (سم)	7
119	شكل(13) جدول (16) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الطري للمحصول (كغم)	8
119	شكل(14) جدول (17) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الجاف للمحصول (كغم)	9
120	شكل(15) جدول (18) تأثير معاملات الدراسة على صفة الحاصل الكلي (كغم دونم ¹)	10
120	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 4 لسنة 2024	11
121	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 5 لسنة 2024	12
122	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 6 لسنة 2024	13
123	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 7 لسنة 2024	14
124	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 8 لسنة 2024	15
125	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 9 لسنة 2024	16

126	بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط- محطة الكوت شهر 10 لسنة 2024	17
129 - 127	بعض الصور لتهيئة الحقل قبل الزراعة	18
131 - 129	صور الحقل بعد الزراعة	19

1. المقدمة Introduction

تتولد الحاجة الى الإدارة الفعالة للمياه من أجل إنتاج المحاصيل في المناطق التي تعاني من نقص المياه ، مما يتطلب وضع استراتيجيات فعالة تهدف إلى تعزيز كفاءة استعمال المياه تشمل هذه الممارسات الإدارية الفعالة أولاً زراعة محاصيل ذات قيمة عالية وكفاءة في استعمال المياه فضلاً عن أنظمة المحاصيل المناسبة وفي المرحلة الثانية تحتاج هذه المحاصيل إلى كميات كبيرة من المياه مما يدفع المزارعين إلى استخدام الري الزائد لزراعة المحاصيل ومع ذلك يعتمد مفهوم إنتاجية المياه على زيادة إنتاج الغذاء من نفس الموارد المائية أو إنتاج نفس الكمية من الغذاء باستخدام موارد مائية أقل بشكل عام ترتبط إنتاجية المياه بالقيمة أو الفائدة الناتجة عن استعمال المياه وتشمل جوانب متعددة من إدارة المياه وهي ذات صلة وثيقة بالمناطق الجافة وشبه الجافة، لذا هناك حاجة إلى تدخلات تكنولوجية لتحسين إنتاجية المياه في المنطقة عن طريق استخدام أنظمة الري التي تقلل من استهلاك المياه مثل أنظمة الري بالرش والتنقيط بنوعيه السطحي أو تحت السطحي (Mandeewal وآخرون، 2022). تعتمد جدولة الري باستخدام الأنظمة الحديثة على احتياجات المحصول المائية للحفاظ على مستوى رطوبة مناسب في منطقة الجذور، مما يسهم في تحقيق نمو مستدام وتوفير المياه بنسبة تصل إلى 40-80% مقارنة بأنظمة الري التقليدية ويعد نقص مياه الري في الوقت المناسب العامل الرئيسي الذي يؤثر على إنتاجية فستق الحقل خلال مراحل النمو المختلفة (Balasubramanian وآخرون، 2020).

تعد محسنات التربة مهمة لتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة مما يؤدي إلى تحسين بناء التربة وتهويتها وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وبالنتيجة تساعد على حركة الماء والهواء ونمو النبات وإنتاجيته ويحدث هذا بسبب التغيير الحاصل في التوزيع المسامي للتربة (Aslan وآخرون، 2018). تعد محسنات التربة كمادة عازلة تحمي جذور النباتات من الانخفاض الشديد بدرجات الحرارة و الحرارة العالية الضارة بالنبات .

يمثل النتح (Transpiration) أحد العمليات الفسيولوجية الحيوية في النباتات، إذ يسهم في تنظيم التوازن المائي الداخلي ونقل العناصر الغذائية من التربة إلى الأجزاء الهوائية، فضلاً عن دوره في تبريد الأنسجة النباتية (Raveendran وآخرون، 2018). مع ذلك فإن معدلات الفقد العالية للماء عن طريق النتح خصوصاً في البيئات الجافة أو تحت ظروف الري المحدود تؤدي إلى اختلال في الاتزان المائي وتقلل من كفاءة النمو والإنتاجية (Lamiter 2020). للحد من تلك الخسائر المائية طُوّرت تقنيات متعددة من أبرزها استخدام مثبطات النتح

(Antitranspirants) وهي مواد لاصقة تُطبَّق على السطح الورقي للنبات تهدف الى تقليل معدل النتح إما عبر تشكيل غشاء واقٍ يقلل من التبخر أو من خلال تنظيم آلية فتح وغلق الثغور (Wang وآخرون، 2023). لغرض معرفة تأثير مثبطات النتح على محاصيل اقتصادية مهمة مثل فستق الحقل أهمية خاصة في ظل تنامي الضغوط المائية والحاجة إلى استراتيجيات زراعية مستدامة تُعزز من كفاءة استخدام الموارد دون المساس بالإنتاجية.

محصول فستق الحقل *Arachis hypogaea* L. محصول بقولي زيتي صناعي ينتمي إلى العائلة البقولية Fabaceae ويكتسب أهمية اقتصادية كبيرة لاحتواء بذوره على نسبة عالية من الزيت تصل الى 50% حيث يأتي في المرتبة الثالثة بعد الزيتون وزهرة الشمس من حيث إنتاج الزيت وفي المرتبة الثانية بعد فول الصويا في إنتاج البروتين يُستخدم هذا المحصول في تحسين الأراضي الرملية ذات الخصوبة المنخفضة، إذ يسهم في إضافة مواد عضوية للتربة وأن الزراعة المتكررة لهذا المحصول تؤدي إلى تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مما يزيد من قدرتها الإنتاجية عن طريق توفير البكتيريا عبر الجذور المتشعبة في التربة وغالبًا ما يتم قلب المحصول في التربة لتعزيز خصوبتها يعد هذا المحصول واحدًا من أهم 12 محصولًا على مستوى العالم. محصول فستق الحقل يحتاج إلى تربة خشنة إلى متوسطة النسجة جيدة التهوية وغنية بالمادة العضوية (AL-Hilfy و Al-Muger، 2016). على الرغم من الأهمية الاقتصادية لمحصول فستق الحقل، إلا أن التوسع في زراعته في العراق لم يكن بمستوى هذه الأهمية ، إذ يبقى محدودًا مقارنة بالدول المنتجة لهذا المحصول وقد يعود عدم التوسع في زراعته في العراق إلى عدة مشاكل تحد من إنتاجيته، إذ إنه يحتاج إلى عناية كبيرة تتعلق بنظام الري المتبع وعمليات التسميد وخدمة المحصول، فضلاً عن إلى ذلك يتم زراعته في الترب الناعمة النسجة بدلاً من الترب الخشنة، مما يعيق اختراق المهاميز في التربة وصعوبة تغلغل الثمار فيها ومن ثم قلعها وتخليصها من التربة العالقة بها كما أن الترب الناعمة النسجة تحتفظ بالماء لفترة طويلة، مما يعرض الثمار للإصابة بالأمراض الفطرية في ضوء ما تقدم من الضروري تطبيق الوسائل الناجحة والإدارة المتكاملة لتنمية موارد المياه المتاحة عن طريق الاستخدام الأمثل للمياه وزيادة كفاءة استعمالها وتحسين إنتاجية مياه الري باتباع طريقة ري ذات كفاءة عالية مع استخدام كمية أقل من المياه لإنتاج غلة زراعية وافية لذا أقترح هذا البحث الاهداف التالية :-

- 1- دراسة تأثير محسنات التربة ومثبطات النتح على الاحتياجات المائية لمحصول فستق الحقل.
- 2- حساب الاستهلاك المائي الفعلي ETa والاستهلاك المائي المرجعي ETo ومعامل المحصول Kc تحت الظروف المناخية لمحافظة واسط.
- 3- دراسة تأثيرات محسنات التربة ومثبطات النتح على نمو وحاصل محصول فستق الحقل .

2. مراجعة المصادر Literature Review

1.2 محسنات التربة Soil Amendments

تعد محسنات التربة مواد طبيعية أو صناعية تُستخدم لتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة ، مما يسهم في تعزيز حركة الماء والهواء فضلاً عن دعم نمو النباتات وزيادة إنتاجيتها نتيجة للتغيرات في توزيع المسام داخل التربة، مما يؤدي إلى تعديل في خصائصها البنائية بالاختصاصات المتعلقة بحركة الماء وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وتقليل تكوّن القشرة السطحية للتربة وبذلك تجعل التربة أقل مقاومة أثناء تنفيذ العمليات الزراعية، مما يساعد في زيادة ثباتية تجمعات التربة وزيادة كمية الماء المخزون فيها فضلاً عن أنها تعمل على الحفاظ على درجة حرارة المنطقة المحيطة بالجذور (شهاب، 1997 و الذبحاوي، 2000).

1.1.2 مُحسن البيرلايت Perlite as a Soil Amendment

يُعرف البيرلايت بقدرته العالية على امتصاص الماء، مما يُحسن من تهوية التربة وصرفها ومن ثم يعزز من تهوية الجذور ويزيد من احتفاظ التربة بالماء وبذلك يسهم في تباعد فترات الري، مما يقلل من استهلاك الماء والسماذ كما أن البيرلايت يمتاز بقدرته العالية على تبادل الأيونات الموجبة ويكون متعادلاً في درجة الحموضة (pH) إذ تتراوح بين (6.5 – 7.5)، مما يوفر بيئة ملائمة من الحموضة للنبات يعد البيرلايت وسطاً معقماً خالياً من بذور الادغال وهو مادة غير عضوية لا تتحلل أو تتغير، مما يجعلها قابلة للاستخدام لعدة مواسم يعمل البيرلايت كمادة عازلة مما يساعد على خفض درجات الحرارة المرتفعة الضارة بالنباتات كما يحمي جذور النباتات من الانخفاض الشديد في درجات الحرارة فضلاً عن إلى ذلك فإن البيرلايت مادة نظيفة لا تنتج روائح كريهة وتتميز بخفة وزنها (Verdonck و Demeyer، 2004 وSchmilewski، 2009).

مادة البيرلايت هي مادة ذات حبيبات صغيرة يتراوح قطرها بين 1- 5 مم وتتميز بلونها الأبيض، تنتج هذه المادة من تسخين الصخور البركانية السليكونية إلى درجات حرارة تصل إلى 1000 درجة مئوية، مما يؤدي إلى زيادة حجم حبيباتها من 4 إلى 20 مرة مقارنة بحجمها الأصلي. نتيجة لعملية التسخين تتشكل فجوات هوائية عديدة تستطيع امتصاص الماء بنسبة 430% من حجمها، مما يجعلها متاحة للجذور عند الحاجة من الخصائص الفيزيائية المهمة للبيرلايت هي مساحته السطحية الكبيرة وقدرته على الاحتفاظ بالماء وانخفاض التوصيل

الحراري والكثافة، كما أن البرلايت مادة غير قابلة للتحلل وغير سامة (Nelson, 2012). يُعد البرلايت مؤشرًا جيدًا لقدراته على التأثير في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة وقد أظهرت نتائج تحليل مكونات البرلايت أنه يسهم بشكل كبير في زيادة المحصول ومكوناته وبفضل مساحته السطحية الكبيرة لوحظ أن إضافة البرلايت تؤدي إلى زيادة احتفاظ الماء بالقرب من جذور النبات، حيث يزداد تأثيره مع زيادة مستوى الإضافة، يعمل البرلايت أيضًا على تقليل التبخر، مما يؤدي إلى زيادة كمية الماء المخزنة وجاهزيتها في وسط التربة، وهو ما ينعكس إيجابيًا على كثافة النمو الخضري والزهري ومن ثم زيادة الحاصل والإنتاج (Jerca وآخرون، 2015). وفقًا لما ذكره حمدي (2017) فإن البرلايت له تأثير إيجابي على نمو النباتات، إذ يتمتع بقدرة عالية على الاحتفاظ بالماء والمغذيات لفترات طويلة، مما يقلل من احتياجات المحاصيل المائية. يُعد البرلايت من المواد الصديقة للبيئة وقد أشار الباحث إلى إمكانية تقليل كمية مياه الري إلى النصف عند إضافة البرلايت بنسبة 5% مع تحقيق أعلى كمية حاصل كما أن البرلايت يتمتع بخصائص فيزيائية مميزة مثل انخفاض التوصيل الحراري والكثافة ومساحة سطحية كبيرة واحتفاظ جيد بالماء بالإضافة إلى كونه غير سام وغير متحلل، مما يسمح باستخدامه لعدة مواسم دون أن يفقد خصائصه وقد أظهرت بعض الدراسات أن البرلايت يُعد من المواد ذات الكفاءة العالية في تحسين بنية التربة وزيادة استقرارها ومساميتها (Markoska وآخرون، 2018).

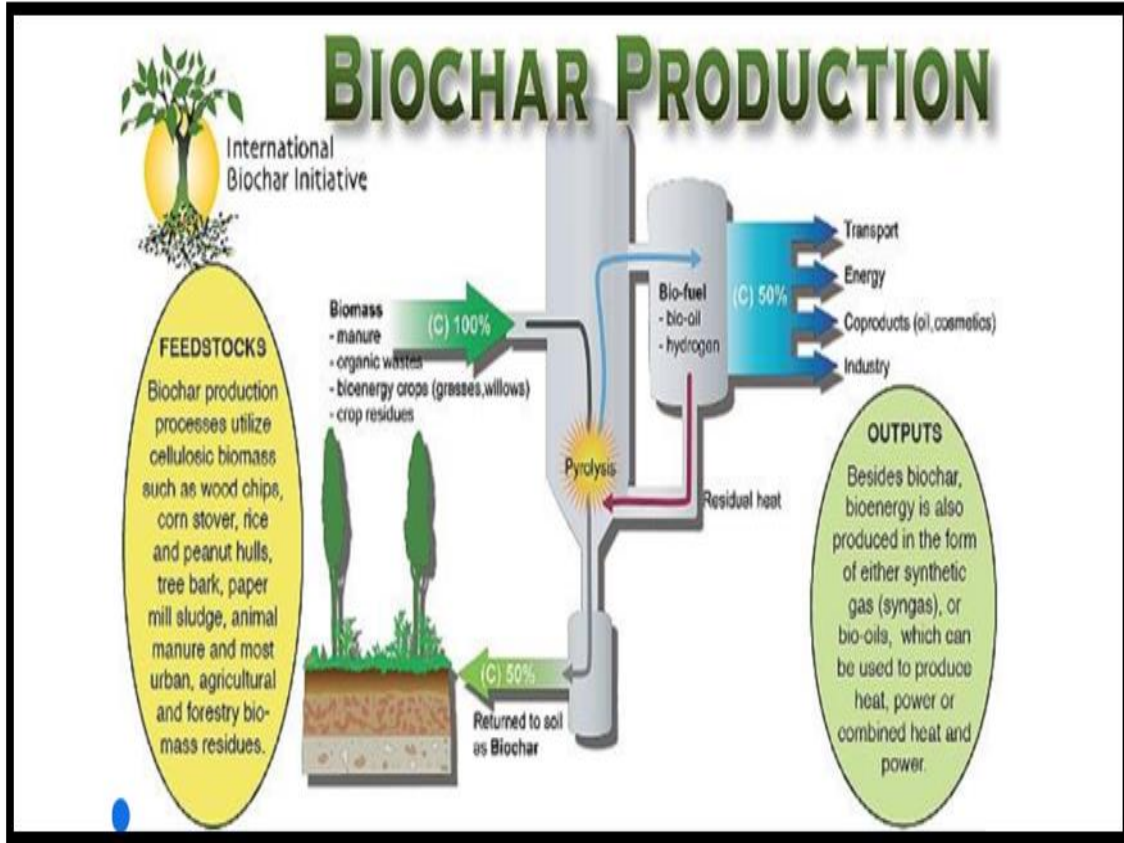
2.1.2 مُحسن الفحم الحيوي Biochar as a Soil Amendment

تم اكتشاف هذا النوع من الفحم في غابات الأمازون المطيرة عندما لاحظ المستوطنون أن التربة هناك تحتفظ بالرطوبة لفترة أطول مما هو متوقع، إذ قاموا بحرق الخشب واستخدامه في حقولهم كبديل للأسمدة ولاحظوا تحسنًا في نمو وإنتاج المحاصيل يتم تصنيع الفحم الحيوي من أغصان الأشجار التي تم حرقها في المناطق التي كانت تشهد حرائق غابات متكررة وهو مادة محسنة للتربة يمكن إنتاجها من الكتلة الحيوية عن طريق حرقها في غياب الأوكسجين مع تدفق هواء محدود للغاية تعرف هذه العملية بالتحلل الحراري وبما أن الفحم الحيوي لا يتعرض للأوكسجين أثناء التسخين فإنه لا يحترق بل يخضع لعملية تحلل عند درجات حرارة مرتفعة، مما ينتج عنه غازات وقطران وزيوت سائلة، كما أن التحلل الحراري للمواد العضوية الحيوية يطلق حرارة أثناء الأكسدة، مما يجعل الفحم الحيوي قادرًا على امتصاص الكربون بشكل كبير لأنه يحتجز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، بالإضافة إلى ذلك يحفظ الكربون في التربة المعاد تأهيلها لعشرات إلى مئات السنين، مما يعزز الإنتاج الغذائي المستدام دون التسبب

في أي انبعاثات لثاني أكسيد الكربون أو فقدان في الغلاف الجوي، فضلاً عن ذلك يقوم الفحم الحيوي بامتصاص الماء، مما يقلل من مخاطر تآكل أو جرف التربة، يُعد الفحم الحيوي مُحسنًا فعالًا للتربة، إذ يعمل على تحسين التربة المعرضة للضغط ويعزز قدرتها على الاحتفاظ بالمياه ومعدل الغيض وهذا يجعله خيارًا مناسبًا لإعادة تأهيل التربة المتدهورة لأنه يمكن أن يُحسن من معدل الغيض مع الحفاظ على العناصر الغذائية والرطوبة داخل التربة (Brown وآخرون، 2006).

الفحم الحيوي عبارة عن مادة تتكون من الكربون ويتم إنتاجه عن طريق عملية إزالة الرطوبة من المواد النباتية تُعرف بطريقة تحضيره بالتقطير الاتلافي والتي تتم عبر حرق المواد في غياب الهواء تعتمد خصائص الفحم الحيوي على عدة عوامل من بينها نوعية الأخشاب المستخدمة يُعد الفحم الناتج من خشب أشجار البرتقال والمانجو والزيتون من أفضل الأنواع لإنتاج الفحم الجيد وذلك بسبب محتوى السليلوز فضلاً عن نسبة الكربون تؤثر درجات الحرارة المستخدمة في عملية تصنيع الفحم بشكل كبير على جودته فكلما ارتفعت درجات الحرارة عن 400 درجة مئوية تراجعت جودة الفحم الناتج نتيجة لانخفاض نسبة الكربون وهو المكون الرئيسي للفحم الجيد، كما تُعد نسبة الرطوبة من العوامل المهمة التي تحدد خصائص الفحم الحيوي، إذ كلما زادت نسبة الرطوبة انخفضت جودة الفحم (Winsley، 2007)، علاوة على ذلك، فإن حرق الفحم في بيئة مغلقة تحت ظروف محدودة من الأكسجين يؤثر أيضًا على جودته

(Joseph و Lehmann، 2009). كما في شكل (1) كانت مبادرة الفحم الحيوي الدولية (The International Biochar Initiative) مفيدة في تعزيز فكرة إمكانية استخدامه كبديل للفحم في مشاريع التنمية المستدامة وحماية البيئة وتهدف هذه المبادرة إلى تحسين الإنتاجية الزراعية العالمية عن طريق تعزيز خصوبة التربة وزيادة محتوى الكربون فيها (Ippolito وآخرون، 2011). يسهم الفحم الحيوي في تحسين خصائص التربة التي يُضاف إليها كما يلعب دورًا في استصلاح الأراضي (Stavi، 2012). وزيادة الإنتاجية الزراعية (Spokas وآخرون، 2012). فضلاً عن تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من التربة (Augustenborg وآخرون، 2012).



الشكل (1) مخطط يوضح عملية إنتاج الفحم الحيوي (GBC)

تركز الأبحاث الحالية على الفحم الحيوي كمُحسن للتربة عن طريق مصادر الكتلة الحيوية ونوع التحلل الحراري المستخدم في إنتاجه وقد تم دراسة الفحم الحيوي الناتج عن الغطاء النباتي أو الحمأة باستخدام تقنيات التحلل الحراري البطيء والسريع (Marks وآخرون، 2014، a,b)، مما يعني أنه يمكن استخدام الأسمدة المتاحة على نطاق واسع (Campo وآخرون، 2015). نظرًا لأن تراكم الكربون العضوي في التربة يعد أمرًا أساسيًا لتحسين خصائصها فإن إضافة المحسنات الغنية بالكربون العضوي مثل الفحم الحيوي الذي يحتوي على 60-80% من الكربون يمكن أن يعزز من خصائص التربة كما أن تقنية الفحم الحيوي قد تكون مفيدة بشكل خاص للتربة ذات المحتوى العضوي المنخفض بشكل عام هناك حاجة لمزيد من المعرفة حول فوائد الفحم الحيوي عند إضافته إلى أنواع مختلفة من التربة.

3.1.2 مُحسن الببتموس Peat moss as a Soil Amendment

يُعد الببتموس (Peat Moss)، او ما يُعرف بالبخت (Peat) مادة عضوية طبيعية ذات اهمية بالغة في الزراعة بفضل خصائصه الفيزيائية والكيميائية الفريدة التي تؤثر بشكل كبير على جودة التربة وقدرتها على دعم نمو النباتات، يتشكل الببتموس في بيئات الأراضي الرطبة (Peatlands) التي تتسم بتشبعها بالمياه والتي تتيح تراكمًا للمواد النباتية المتحللة جزئياً على مدى فترات زمنية طويلة هذه البيئات التي تشمل المستنقعات والاهوار توفر الظروف المثالية لعملية التحلل البطيء للمواد النباتية، مما يؤدي الى تكوين مادة الببتموس الغنية بالكربون (Clymo,1983). إن استخدام الببتموس يُشير ايضاً بعض القضايا البيئية بما في ذلك تأثير استخراجها على الاراضي الرطبة وتأثير ذلك على التنوع البيولوجي ، وتغيير المناخ (Joosten و Clarke، 2002). يسهم استخدام الببتموس ايضاً في تحسين التربة في عزل الكربون وتقليل آثار المناخ (Lal، 2004). وكذلك يلعب دوراً في تخزين الكربون واستخراجه قد يطلق هذا الكربون مرة اخرى في الغلاف الجوي لذلك من الضروري فهم خصائص الببتموس وأستخداماته وتأثيراته على البيئة من اجل تبني ممارسات زراعية مستدامة تضمن الحفاظ على هذه الموارد الطبيعية الثمينة (Couwenberg، 2011). تتكون مادة الببتموس بشكل اساسي من بقايا نباتية غالباً ماتكون من أنواع معينة من الطحالب خاصة جنس (*Sphagnum*)، فضلاً عن نباتات أخرى مثل الادغال، الشجيرات، والأشجار، عملية التحلل البطيء لهذه المكونات تحدث في ظل ظروف لاهوائية ورطوبة عالية و pH منخفض تعيق نشاط الكائنات الحية الدقيقة المحللة، مما يؤدي الى تراكم المواد العضوية بدلاً من تحللها بالكامل، نتيجة لذلك يحتفظ الببتموس بتركيب معقد من المركبات العضوية بما في ذلك الاحماض الهيومية والفولفية التي تسهم في تحسين خصائص التربة تتميز مادة الببتموس بمسامية عالية وقدرة على الاحتفاظ بالماء، مما يجعلها مادة مفيدة للغاية في تحسين خصائص التربة الفيزيائية عند اضافتها الى التربة تعمل على تحسين بناء التربة و زيادة التهوية و تعزيز قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتحسين الصرف هذه الخصائص تجعل الببتموس مادة ذو قيمة في الزراعة والبستنة، اذ تُستخدم لتحسين نمو النباتات وتقليل الحاجة الى الري المتكرر وتحسين كفاءة استخدام الاسمدة (Weil و Brady، 2016).

2.2 مثبتات النتح Antitranspirants

تُستخدم مثبتات النتح لتقليل استهلاك الماء من قبل النباتات دون التأثير على عملية البناء الضوئي (أبو ضاحي واليونس، 1988). النتح هو عملية فقدان الماء على شكل بخار عن طريق مسامات خاصة تُعرف بالثغور الموجودة على سطح الاوراق والسيقان ، يحدث فقدان الماء نتيجة لوجود فرق في الجهد المائي بين الهواء و سطح النبات (ياسين، 2001) و (McDowell وآخرون، 2008). يُقسم النتح إلى ثلاثة أنواع بناءً على الطريقة التي يتم بها فقدان المياه :

❖ النتح الثغري: يُعرف بأنه فقدان الماء عن طريق ثقب ميكروسكوبية تُسمى الثغور، وتعد هذه الطريقة هي الأكثر شيوعًا لفقدان الماء من النباتات.

❖ النتح الأدمي: يُشير إلى فقدان الماء من أسطح السيقان والأوراق عبر طبقة الأدمة، اذ تتراوح نسبة الماء المفقود بهذه الطريقة بين 5-10% من إجمالي الماء المفقود من النبات.

❖ النتح العديسي: يتمثل في فقدان الماء على شكل بخار عن طريق العديسات الموجودة في الأنسجة الفلينية التي تغطي سطح السيقان والفروع، وتعد نسبته قليلة مقارنة بالطرق الأخرى.

تُعد مثبتات النتح مواد كيميائية تُضاف عبر الرش على الأوراق بهدف تقليل معدل النتح وزيادة كفاءة استعمال المياه داخل النبات، اذ تعمل كحواجز أو موانع لفقد الماء بآليات فسيولوجية أو ميكانيكية دون أن تُسبب أضرارًا بعد جفافها (Delamor، 2010). تشير بعض الأبحاث إلى استخدام أنواع جديدة وآمنة من مثبتات النتح والتي تشمل مستخلصات نباتية مثل مستخلص الباميا فضلاً عن المواد الكيموحيوية مثل شمع الكليسول والبرافين ومواد طبيعية مثل طين الكاولين ومواد كيميائية مثل السيليكون (Shalaby وShanan، 2011). في الآونة الأخيرة زاد استخدام مواد مانعة للنتح عن طريق رشها على سطح النباتات، مما يساعد على تحسين كفاءة استعمال الماء داخل النبات عن طريق تقليل معدل النتح الذي يعد المصدر الرئيسي لفقدان الماء في المراحل النهائية من نمو النبات (الحلبي والبياتي، 2014). كما تُستخدم مثبتات النتح لتحسين الحالة المائية للنبات والتخفيف من الآثار السلبية الناتجة عن نقص الماء وتُعد هذه الممارسة الزراعية مهمة لتحسين إنتاجية المحاصيل (Ouerghi وآخرون، 2014) وعند رشها على النباتات تتشكل أغشية رقيقة على سطح الأوراق، مما يقلل من عملية النتح ومن ثم يزيد من كفاءة استعمال الماء داخل النبات ويقلل من خطر الجفاف (Abdullah وآخرون، 2015). يفقد النبات الماء على هيئة أبخرة لتسهيل دخول غاز ثاني أكسيد الكربون، مما يُسهم في عملية البناء

الضوئي حيث تصل نسبة الماء المفقود عبر النتح إلى حوالي 95% من كمية الماء التي يمتصها النبات بينما يُستخدم 5% فقط في عمليات النمو والتطور (Prakash و Ramachandran، 2018)، إذا تم التحكم في عملية النتح فإن ذلك يُساعد في تحقيق توازن مناسب للماء (المعيني والعبيدي، 2018). أشار المعيني والعبيدي (2018) إلى أن مثبطات النتح هي أي مادة تُضاف إلى أسطح الأوراق بهدف تقليل فقد الماء. أوضح عبد الأمير (2018) أن رش النباتات بمثبطات النتح مثل (الكاولين والشمع والسالسليك) يقلل من الآثار الناتجة عن الإجهاد المائي، مما يؤدي إلى تحسين معظم صفات النمو الخضري والمحصول ومكوناته. بين فرحان (2018) أن استخدام مثبطات النتح Vapor Gard عمل على تقليل معدل النتح وتحسين الحالة المائية في المناطق الجافة.

1.2.2 مثبط النتح (منقوع الباميا) Okra soak Antitranspirants

في ظل التحديات المتزايدة التي يواجهها القطاع الزراعي بسبب التغيرات المناخية وندرة المياه بات من الضروري البحث عن استراتيجيات فعالة للحفاظ على المياه وتحسين كفاءة استعمالها في الزراعة من بين هذه الاستراتيجيات يبرز استخدام مثبطات النتح كأداة واعدة للحد من فقدان المياه عبر عملية النتح (Transpiration) التي تمثل جزءًا أساسيًا من العمليات الحيوية في النبات، مثل التمثيل الضوئي ونقل العناصر الغذائية، ولكنها تسهم في الوقت ذاته في خسارة كميات كبيرة من المياه، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة (Hasan، 2023). نال منقوع الباميا (Okra mucilage extract) اهتمامًا علميًا متزايدًا كمركب طبيعي يمكن استخدامه لتقليل معدل النتح في النباتات نظرًا لاحتوائه على مادة هلامية ذات خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة أن المادة الهلامية المستخلصة من ثمار الباميا غنية بالسكريات المتعددة مثل الجالاكتوز و الرامنوز وحمض الجالاكتيورونيك إلى جانب البروتينات والدهون وهي مركبات تسهم في تكوين قوام هلامي لزج يمكنه تكوين طبقة واقية على سطح أوراق النبات عند الرش El-Afifi و Ibrahim (2018)، أشار الباحثان بأن هذه المادة الهلامية قد تسهم أيضًا في تحسين امتصاص العناصر الغذائية من التربة بفضل خصائصها الرطبة واللزجة، مما يدعم الصحة العامة للنبات. بينت دراسة El-Afifi و Ibrahim (2018)، أن رش القمح بمنقوع الباميا في ظل ظروف الإجهاد المائي أدى إلى زيادة إنتاجية النبات، مما يدل على تأثير هذا المركب في دعم النمو وتحمل الظروف البيئية الصعبة. أشار (Hasan، 2023) إلى أن منقوع الباميا قد يعزز من مقاومة النباتات للإجهادات البيئية مثل الجفاف والملوحة، مما يجعله أداة طبيعية متعددة

الفوائد في أنظمة الزراعة المستدامة. أظهرت دراسة Ibrahim و El-fifi (2018) أن استخدام منقوع الباميا على نبات القمح أدى إلى تقليل ملحوظ في معدل النتح وهو ما يعزى إلى قدرة هذه المادة على تكوين غشاء رقيق يحد من فقدان الماء بالتبخر. ومن جهة أخرى أشار (Kishor وآخرون، 2020) إلى أن منقوع الباميا يمكن أن يؤثر أيضاً على آلية فتح وإغلاق الثغور، إذ أظهر رش أوراق الطماطة به انخفاضاً في اتساع الثغور، مما ساهم بدوره في تقليل فقدان الماء الأمر الذي يؤدي إلى تحسين توازن الماء في النبات وتقليل تعرضه للإجهاد المائي. أوضح (Hasan، 2023) أن تقليل الإجهاد المائي عن طريق استخدام منقوع الباميا يمكن أن ينعكس إيجاباً على معدل التمثيل الضوئي، إذ سجلت نبات الذرة الصفراء المعاملة بالمنقوع تحسناً ملحوظاً في الكفاءة الضوئية.

2.2.2 مثبط النتح (اورسليك) Orsilik Antitranspirants

يعمل "أورسليك" كمثبط نتح عن طريق عدة آليات فيزيولوجية وفسيلوجية تعتمد على دور السيليكون، إذ يشكل السيليكون عند رشه على الأوراق طبقة رقيقة تؤدي وظيفة حاجز فيزيائي يقلل من فقدان الماء (Mansfield وآخرون، 1990). أما البوتاسيوم فقد أثبتت الدراسات دوره الحيوي في حركة الخلايا الحارسة للثغور وتنظيم فتحها وإغلاقها وهو ما ينعكس مباشرة على معدل النتح كما أن البوتاسيوم يعزز قدرة النبات على التكيف مع الإجهادات البيئية، لا سيما الإجهاد المائي (Cramer و Collinge، 1994). أظهرت نتائج دراسات Liang وآخرون (1996) أن السيليكون يسهم في تقليل فقد الماء عن طريق تعزيز ترسيب السيليكا في خلايا البشرة، مما يؤدي إلى تكوين طبقة بشرة أكثر سماكة وصلابة كما أن للسيليكون دوراً مهماً في تحسين استجابة الثغور للظروف المائية، مما يؤدي إلى إغلاقها عند الحاجة وتقليل فقدان الماء بالإضافة إلى ذلك يمكن للسيليكون أن يسهم في تنظيم وظائف الثغور، والتي تتحكم في تبادل الغازات والماء وذلك عن طريق تأثيره على فتح وإغلاق هذه الثغور لا سيما في ظل الظروف الجافة (Epstein، 1999). أوضح Flexas وآخرون (2002) أن تحسين حالة الماء في الأوراق يؤدي إلى زيادة فعالية التمثيل الضوئي. كما يسهم السيليكون في تعزيز نمو النبات عن طريق دعم نمو الجذور وزيادة الكتلة الحيوية كما أوضح Gong وآخرون (2003). أظهرت النتائج كذلك أن استخدام "أورسليك" قد يعزز من امتصاص العناصر الغذائية من التربة خاصة النيتروجين والفسفور، مما يسهم في دعم نمو النبات ويلعب المنتج دوراً في تحسين مقاومة النباتات للإجهادات البيئية المختلفة كالجفاف والملوحة بفضل التأثيرات المشتركة لكل من

السيليكون والبوتاسيوم وقد أكد Gong وآخرون (2003) أن السيليكون يعزز أيضاً مقاومة النبات للإجهاد التأكسدي الناجم عن ظروف الجفاف كما أن السيليكون يسهم في تعزيز قوة جدران الخلايا النباتية، مما يجعلها أكثر مقاومة للإجهاد المائي ويسهم في الحفاظ على توازن الماء داخل النبات (Gong وآخرون، 2005) و (Ma و Yamaji، 2006). يُعد منتج "أورسليك" أحد المثبطات الزراعية المستخدمة لتقليل فقدان الماء من النباتات عن طريق تقليل معدل النتح ويستند في فعاليته إلى تركيبته الغنية بعنصري السيليكون (Si) والبوتاسيوم (K) وهما من العناصر الأساسية لنمو النبات وصحته (Marschner، 2012).

3.2.2 التأثير الايجابي لمثبطات النتح على النبات تحت ظروف الجفاف

The Positive Effect of Antitranspirants on Plants Under Drought Conditions

إن مثبطات النتح لا تعد عاملاً محددًا في عملية البناء الضوئي على عكس الإجهاد المائي، إذ تزداد تأثيرات الإجهاد المائي في المراحل العمرية المتقدمة من حياة النباتات تزداد عملية النتح نتيجة لارتفاع درجات الحرارة لاسيما مرحلة ملء البذور التي تُعد مرحلة مجهدة للنبات، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في الحاصل نتيجة تأثير الإجهاد المائي (Mokhtari وآخرون، 2006). أظهرت دراسة Contore وآخرون (2009) أن رش مثبطات النتح من النوع العاكس أدى إلى تقليل انتشار الثغور بنسبة 53% وخفض معدل النتح بنسبة 34%. أن رش مثبط النتح على نباتات الحنطة والشعير من مرحلتى التفرع واستطالة الخلايا ساهم في تحسين الحالة المائية للنباتات ولم يُلاحظ انخفاض معنوي في عملية البناء الضوئي تحت ظروف الجفاف (Ouerghi وآخرون، 2014). أشار الباحثون Oueghi وآخرون (2014) و Leithy وآخرون (2015) إلى أن مثبطات النتح تسهم في زيادة محتوى الماء في الأوراق وذلك عن طريق تقليل انتشار الثغور وتقليل معدل النتح، مما يعزز قدرة النبات على الاحتفاظ بالماء ويؤثر بشكل إيجابي على كفاءة استعمال المياه خاصة في ظروف الجفاف. ذكر Khalel (2015) أن رش مثبطات النتح من النوع الشمعي أدى إلى زيادة محتوى الماء في الأوراق بنسبة 83.37% وتقليل معدل النتح بنسبة 0.15%، كما ساهم في تقليل العجز المائي بنسبة 20%، مما زاد كفاءة استعمال المياه إلى 11.08 كغم. هكتار⁻¹ قياسا بمعاملة المقارنة. بين Khalel (2015) أن استخدام مثبطات النتح ذات الطبيعة الشمعية مثل شمع البرافين يعزز من الحالة المائية للنبات ويقلل من معدل فقد الماء عبر عملية النتح، إذ يؤدي ذلك إلى إغلاق جزئي لفتحات الثغور الورقية. تشير الدراسات السابقة

إلى أن معظم الماء الذي يمتصه النبات يُفقد عن طريق عملية النتح لذا يتم رش مثبطات النتح من المراحل الحساسة من عمر النبات مع اختيار التركيز المناسب كما أشار إليه (Leithy وآخرون، 2015)، وتُعد هذه الطريقة واحدة من الأساليب الحقلية الناجحة في الحفاظ على مياه الري و تقليل استهلاك المياه من قبل النبات وتحسين الحالة المائية للنبات، مما يسهم في زيادة الحاصل خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ يُعد الجفاف من أبرز العوامل المعيقة للنمو والحاصل (Abdullah و آخرون، 2015) و (Zaen وآخرون، 2015). ذكر إبراهيم (2017) إلى أن مثبطات النتح تلعب دوراً مهماً في حماية النبات من آثار الإجهاد المائي، إذ تسهم في الحفاظ على التوازن المائي للنبات دون التأثير السلبي على عملية البناء الضوئي للحد الذي يؤثر على الحاصل وقد أظهرت النتائج أن معاملة مثبطات النتح الجلاتين النقي أدت إلى تحقيق أعلى إنتاجية الحبوب تصل إلى 4549 كغم هكتار⁻¹ مقارنةً بمعاملة الرش بالماء فقط التي حققت أقل إنتاجية بلغت 3095 كغم. هكتار⁻¹ ومن ثم فإن عملية التبادل الغازي المنخفضة الناتجة عن إغلاق الثغور جزئياً عند استخدام مثبطات النتح لا تُعد العامل الرئيسي لتراكم المادة الجافة بقدر ما يتعلق الأمر بفقد الماء عبر النتح.

3.2 واقع الموارد المائية في العراق

تعد الموارد المائية في العراق من المحددات والركائز المهمة للتنمية الزراعية، فضلاً عن محددات النمط الاستثماري من الأراضي الزراعية وامكانية توسيعها رأسياً وافقياً. ان المصدر الرئيسي للموارد المائية في العراق هما دجلة والفرات فضلاً عن الانهار الحدودية مع ايران، كما تأتي بالدرجة الثانية الامطار في سد حاجة استعمالات المياه للاغراض الزراعية، وتليها بالدرجة الثالثة المياه الجوفية لانها تشكل نسبة ضئيلة، لان اغلب استعمالاتها لاغراض الشرب ولاسيما في المناطق الصحراوية (البدرى وناصر، 2012).

بين العزاوي وخلف (2015) موقع العراق ضمن الحزام الاكثر جفافاً من الناحية الجغرافية في العالم لذا تعتمد الزراعة المستديمة في العراق على الموارد المائية السطحية والجوفية لغرض توفير كميات مياه الري. بما ان هذه الموارد المشتركة مع الدول الاخرى المجاوره للعراق لذلك تكون محدودة، فضلاً عن الترددي في كفاءة استعمال المياه وعدم حمايتها وصيانتها، فلا بد من وجود البدائل لسد العجز المائي في العراق مما تؤدي الى رفع كفاءة استعمال المياه وحمايتها وصيانتها كماً ونوعاً، لذا فإن افضل الحلول امام الموارد المائية في العراق بذل الجهد في اعمال التخطيط والتنوعية بالاستخدام العقلاني للمياه وتقنينها. فلا شك ان المشاريع المائية تركت اثراً سلبياً على واقع الموارد

المائية في العراق والسيطرة على حصة العراق المائية نتيجة النظرة المستقبلية التي وضعتها واقامتها دول الجوار (ايران وتركيا وسوريا) (الحسني والصندوق، 2009).

يعد العراق من الدول الاكثر ضرراً وذلك لأنه يحتاج الى 73 مليار متر مكعب من المياه سنوياً لزراعة ما يقارب 22 مليون دونم من الاراضي المروية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2011). كما تعد الموارد المائية من العوامل المهمة للتنمية الزراعية في العراق والتي تعتبر الاكثر تحدياً للانتاج الزراعي والتوسع بالمساحات المزروعة وتأثيرها على كمية الانتاج الزراعي وتوزيع السكان (البديري، 2002). كما لاحظ خلف (2014) انخفاض كبير في كميات المياه الواردة للعراق والتي انخفضت من 79 مليار متر مكعب سنوياً قبل عشرين سنة الى حدود 15 مليار متر مكعب سنوياً في السنوات العشر الاخيرة. لذلك ان التوجه في التوسع الزراعي سواء كان عمودياً او افقياً يتطلب مياه ري كافية وبنوعيات ملائمة للانتاج الزراعي.

يمكن النظر الى مشكلة العراق المائية من ثلاثة ابعاد البعد الاول محلي بسبب سوء التخطيط والادارة الموارد المائية، والبعد الثاني مرتبط بالتغيرات المناخية العالمية وقلة الامطار والجفاف والبعد الثالث البعد الاقليمي بسبب وقوع مصادر المياه العراقية خارج الحدود العراقية وعمل دول الجوار الى مصادرتها حق العراق من الحصة المائية (الحسني والصندوق، 2009).

أوضح الامير (2010) أن الماء مهم في تاريخ العراق وتنميته، لما له من دور اساسي في مجال التنمية الزراعية والاقتصادية في جميع أنحاء العالم بما فيها العراق حيث نشأت أول الحضارات على ضفاف نهري دجلة والفرات هما البابلية والاشورية والسومرية قبل الاف السنين ورافق بعد تلك الحضارات أنشاء المنشآت الهيدرولكية والسدود وقنوات الري وسن القوانين التي تنظم استخدام المياه، فلا بد من فهم ما يحمله العراق مستقبلاً وجب علينا النظر الى سياسة الموارد المائية في العراق والتحديات التي تواجه الاستثمار في الموارد المائية.

4.2 مياه الري وادارتها وجدولتها

يعاني العراق من نقص كبير في الموارد المائية قد يؤدي الى حدوث حالة من الجفاف في السنوات القادمة. في دراسة حول مصادر المياه في العراق وجدت اخطاء فنية لمصادر المائية حتى 1970 بعدها ظهرت مشاكل الشحة المائية ومن المتوقع زيادة خطورة المشكلة، لذلك تم التنبؤ عن واقع الموارد المائية والاحتياجات المائية في العراق لسنة 2015 ستكون 17.6 bcm77 حسب الترتيب. كما بينت التنبؤات عن الجفاف التام لنهري دجلة والفرات في 2040 مما يتطلب ادارة استراتيجية للمياه، وتطوير طرائق الري، وخفض الضائعات المائية واستثمار مصادر المياه وتخطيط عملية التطوير (Ansari, 2014). جاءت هذه المتغيرات نتيجة

لسياسات الاحتكار للموارد المائية التي تنتهجها الدول المتشاطئة لنهري دجلة والفرات وفروعهما، فضلاً عن سقوط الامطار بكميات قليلة والمتغيرات المناخية. ذكر الامير(2010) أن الجفاف الناتج من هذا الوضع الذي اجتاح بعض المناطق إلى بروز أهمية الاستعمال الكفوء والفاعل للموارد المائية في العراق. بين (Janabi, 2010) أن الاستغلال الأمثل للترب وللثروة المائية الموجودة في العراق قد تجعله بلداً زراعياً قادراً على الاكتفاء الذاتي للغذاء بدلاً من الاستيراد.

الري هو إضافة الماء لتزويد المنطقة الجذرية بالرطوبة اللازمة لنمو النبات وتأمين حمايتها خلال مراحل الجفاف، أن تحسين نمو النبات يحقق مردود عالي أو نوعية عالية، وأن جدولة الري تهدف لتزويد النبات بكميات ماء مناسبة عند الاوقات المناسبة، ولفهم افضل المبادئ والعمليات الاساسية لجدولة الري هنالك اربع طرائق الاكثر استعمالاً وهي (1) التبخر-النتح والتوازن المائي (2) حالة رطوبة التربة (3) Θ حالة ماء النبات (4) Plant water state النموذج بما فيها من مزايا ومحددات والتي تم استعمالها في تطبيقات الري بما فيها البرامج المأخوذة والتي تم استعمالها (Gu وآخرون، 2020). إن جدولة الري تستعمل في إدارة الري للحفاظ على رطوبة تربة مناسبة، وهناك أربعة عوامل رئيسة تؤثر في عملية جدولة الري أي في عملية تحديد وقت الري وكمية الماء الواجب إضافتها وهي: توافر مياه الري وحاجة المحصول للمياه وقابلية التربة على خزن المياه في منطقة الجذور وعمق المجموعة الجذرية. أشار الصالحي (2018) الى أن جدولة الري هي تطبيق لزيادة كفاءة استعمال المياه وتحسين الانتاجية، لذا تعد نظاماً ادارياً للري وتعني متى وكم يتم الارواء، والهدف من جدولة الري هو إعطاء كمية المياه المثلى لزيادة الإنتاجية، مع الحفاظ على المحتوى الرطوبي للتربة مقارباً للمحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية. عرف (Rogers 1995) و(Smith 2006) جدولة الري، بأنها ممارسات أو فعاليات تمثل أسس إدارة الري واستعمال المياه بكفاءة عالية وتقنين المياه المضافة لمنع هدر المياه. بين Sai (2010) تحقيق عدة فوائد لجدولة الري هي الاستعمال الامثل لخزن رطوبه التربة من خلال تقليل كلفة استعمال المياه، كذلك تقليل استعمال الاسمدة عن طريق عمليات الغسل للعناصر الغذائية من التربة، فضلاً عن اضافة كمية من مياه ري مناسبة للنبات، مما يؤدي الى عدم تعرض النبات للاجهاد المائي، كذلك تقليل تكاليف ضخ المياه الزائدة وتقليل مشاكل المنطقة الجذرية من الملوحة والبزل، لذا فأن جدولة الري هي عملية إدارة الغرض منها إمداد النبات بالاحتياجات المائية اللازمة لنموه وتطوره في الزمن المناسب وبالكمية الملائمة لاحتياجاته بهدف تعظيم العائد المادي والناتج المحصولي، وتشمل عدة طرائق منها التقليدية وهي

طرق متبعة لدى العديد من المزارعين وحتى بعض الشركات الزراعية والمقصود بها تحديد ميعاد الري بناء على اجتهادات فردية متوارثة تتمثل في مدة زمنية معينة كالري أسبوعياً أو اقل أو أكثر دون الأخذ في الاعتبار مدى حاجة النبات للمياه، وهذه طريقة تستهلك كمية كبيرة من المياه (Alderfasi and Nielsen., 2001). كذلك من الاعتقادات الخاطئة لدى المزارعين هي اضافة كمية متزايدة من المياه لزيادة الانتاج الزراعي لكن هذا قد يشكل ازمة في الموارد المائية فضلاً عن ما يسببه من اضرار كبيرة على التربة والنبات منها غسل العناصر الغذائية من التربة وإبعادها من منطقة الجذور، وتراكم ثاني أكسيد الكربون والذي يعمل على تثبيط قدرة الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، استنزاف المياه نقص تهوية التربة ونقص في الانتاجية. ذكر (Kirda, 2000) كمية الماء الواجب اضاقتها الى المنطقة الجذرية تعتمد على سعة خزن التربة للماء (Soil Moisture Storage Capacity) وتكون محددة بسعة مسك التربة للماء الجاهز (Available-Water Holding Capacity of Soil)

5.2 الاحتياجات المائية Water Requirements

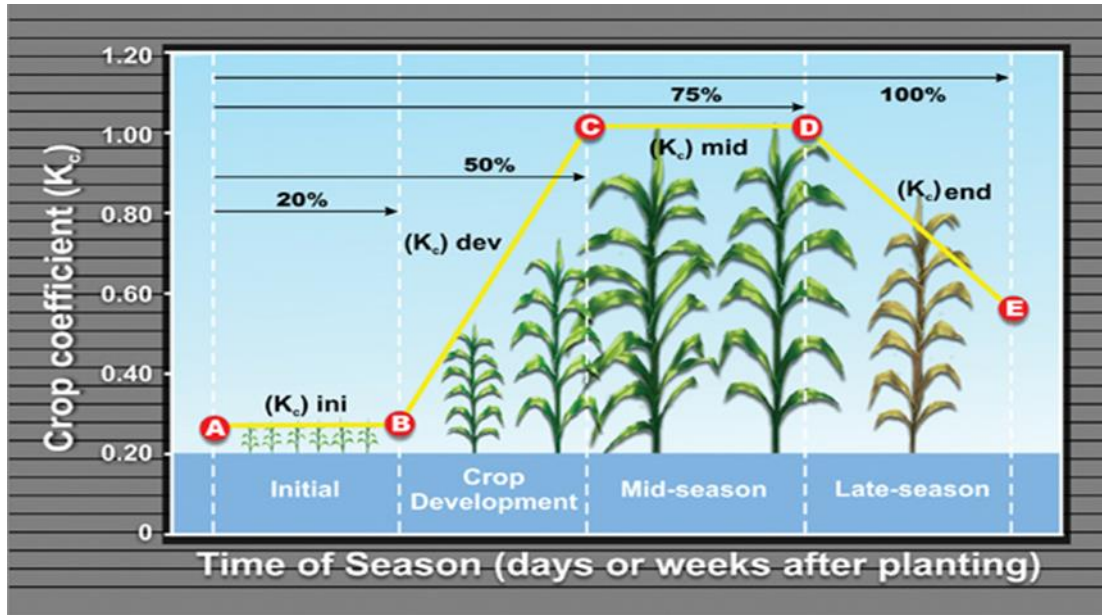
أصبحت الاحتياجات المائية للمحاصيل واحدة من الركائز الأساسية التي تستند إليها مشاريع الري الكبرى وذلك لما لها من دور مهم في عمليات التخطيط طويلة الأمد مع الخطط الزراعية للانتاج النباتي (Pereira وآخرون، 2021). إذ تعتمد برامج جدولة الري بصورة تامة على مدى دقة تقدير هذه الاحتياجات (Tezera وآخرون، 2020). تُعد معرفة الاحتياجات المائية للمحاصيل الموسمية أمراً بالغ الأهمية لاسيما في ظل الظروف المناخية القاسية ومواسم الجفاف في الوقت الذي تفتقر فيه العديد من الدول النامية إلى بيانات دقيقة حول كميات مياه الري المطلوبة للمحاصيل المختلفة. تتأثر كمية المياه التي يحتاجها المحصول بعدة عوامل من أبرزها: نوع المحصول والصنف المزروع وخصائص التربة الفيزيائية والهيدروليكية بالإضافة إلى طبيعة المناخ السائد ونوع مياه الري ويُعد المناخ من العوامل الأساسية المحددة لهذه الاحتياجات، يمكن الاستفادة من عناصره المختلفة لتقدير كمية المياه المطلوبة للمحصول (Masia وآخرون، 2021).

عرف كل من Darouich وآخرون (2021) و Ewaid وآخرون (2019) أن الاحتياجات المائية تمثل مجموع كميات المياه التي يجب توفيرها للمحصول من مدة نموه في ظل ظروف مناخية معينة بهدف الحفاظ على رطوبة التربة ضمن مدى مناسب لدعم نمو النبات وتحقيق إنتاجية

جيدة. في حين عرّف Arora (2004) هذه الاحتياجات بأنها كمية المياه التي يتطلبها النبات للنمو السليم في مدة زمنية معينة وفي ظل ظروف حقلية محددة. تختلف متطلبات المياه من محصول لآخر خلال مراحل النمو ويرجع ذلك إلى تباين حجم المجموع الخضري والجذري فضلاً عن تأثير الظروف الجوية وطريقة الزراعة سواء أكانت مكشوفة أم محمية وكذلك اختلاف تقنية الري المستعملة (Lazzara وRana، 2010). توصل Liu وآخرون (2002) إلى أن محصول الحنطة في شمال الصين احتاج إلى 453 مم /موسم خلال الموسم الزراعي. وفي دراسة أخرى، ذكر Al-Naeem (2001) أن الاحتياج الموسمي الفعلي لهذا المحصول بلغ 485.3 مم/موسم، تتغير الاحتياجات المائية للمحصول مع مراحل النمو فقد كانت 43.32 مم /موسم في المرحلة الأولى من النمو ثم ارتفعت إلى 86.43 مم/موسم مع تطور نمو النبات وبلغت أعلى قيمة لها في منتصف الموسم عند 291.5 مم/موسم، ثم تراجعت إلى 64.05 مم/موسم مع دخول مرحلة النضج كذلك أفاد Qader وآخرون (2018) و Al-Naeem (2001) أن الاحتياج المائي الفعلي للمحصول يعتمد على طبيعة التربة والمناخ والصنف المستخدم فضلاً عن أساليب الخدمة الزراعية. أوضح عبد الله (2007) أن كميات المياه اللازمة تختلف باختلاف مراحل النمو، إذ تكون منخفضة في مرحلة الإنبات وتصل إلى أقصى قيمها عند الإزهار.

6.2 الاستهلاك المائي Water Consumption

يُعرف الاستهلاك المائي بأنه الكمية اللازمة من الماء التي يستهلكها نظام النبات وتشمل الكمية المفقودة عبر النتح من أوراق النبات وكمية الماء المفقودة بالتبخر من سطح التربة فضلاً عن الكمية المستخدمة في بناء أنسجة النبات (Shahrajabion و آخرون، 2017). ونظراً لقلّة كمية الماء المستعملة في بناء أنسجة النبات مقارنةً بالكمية المفقودة بالتبخر والنتح والتي تُقدّر بأقل من 1% فإنه يتم تجاهلها عند دراسة الاستهلاك المائي (Oren و آخرون، 1998). يعد حساب القيمة القصوى للاستهلاك المائي مؤشراً لتقدير معدلات الاستهلاك المحتملة تحت ظروف مناخية ومراحل نمو مختلفة (Al-Omran و آخرون، 2004).



شكل (2) الاستهلاك المائي خلال مراحل النمو (FAO), 1998.

يُعد الاستهلاك المائي من المواضيع الأساسية في حسابات الموازنة المائية وقد نال اهتماماً كبيراً من قبل المختصين في مجالات الري والزراعة بهدف الوصول إلى خطط تنموية دقيقة وتحديد المقننات المائية للمشاريع الإروائية (Kisekka و آخرون، 2010). يُعد تحديد المقنن الاستهلاكي للمياه من الأمور الجوهرية لأي مشروع إروائي حيث يمثل المرحلة الأولى المهمة في تخطيط الإدارة المثلى للمياه، مما يسهم في تنظيم كميات ومواعيد الري اللازمة (الحديثي وآخرون، 2010). تتجلى أهمية دراسات الاستهلاك المائي في العراق كونه يقع ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ يتزايد الطلب على المياه للري بشكل مستمر في ظل وجود قيود على توفر المياه العذبة وشحة الأمطار إن الإدارة الفعالة لعمليات الري تعتمد على معرفة الكمية المطلوبة من المياه للنبات ومن ثم تجهيز تلك الكمية وتحديد أوقات الري تعد المعلومات حول متوسط الاستهلاك المائي للمحاصيل أساساً في جدولة مواعيد الري واختيار المحاصيل المناسبة للمنطقة وفقاً للموارد المائية المتاحة (الحديثي وآخرون، 2010). عزّف Allen و آخرون (1998) الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول بأنه الكمية الفعلية للتبخر- النتح تحت ظروف النمو الطبيعية بهدف تحقيق الإنتاج الأمثل في ظل ظروف مناخية معينة وإدارة جيدة لعمليات ري المحصول. توجد عدة طرق لتقدير الاستهلاك المائي منها الطرق المباشرة التي تعتمد على الحصول على قياسات دورية للتغير في المحتوى المائي للمنطقة الجذرية الفعالة باستخدام اللايسيمترات والألواح التجريبية ومن ثم يتم حساب التبخر- النتح الفعلي بالاعتماد على معادلة الموازنة المائية

(Allen و آخرون، 1998)، أما الطرق غير المباشرة فتستند إلى المعلومات المناخية لحساب التبخر- النتح المرجعي عن طريق استخدام معادلات تجريبية وبرامج جاهزة مثل برنامج Crop Wat الذي أعدته منظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO (Smith، 1992)، إذ يعتمد حساب التبخر-النتح المرجعي على البيانات المناخية لحل معادلة بنمان- مونتيث المعدلة من قبل FAO (Allen و آخرون، 1994).

7.2 الاستهلاك المائي المرجعي (ETo) Reference Evapotranspiration

يُعرّف التبخر- نتح المرجعي (Reference Evapotranspiration, ETo) بأنه معدل فقد الماء من سطح مغطى بمحصول عشبي قياسي بطول موحد يتراوح بين 0.10 و 0.15 م (Trigo وآخرون، 2018)، وقد قدّم Penman (1948) هذا المفهوم للإشارة إلى معدل الفقد المائي من نباتات خضراء قصيرة مكتملة النمو تغطي التربة بالكامل ولا تعاني من نقص ماء.

كما يُعرف التبخر- نتح المرجعي (ETo) بأنه معدل التبخر من محصول عشبي افتراضي طوله 0.12 م بمقاومة سطحية قدرها 70 s/m، ومعامل انعكاس 0.23 مع نمو نشط وتغطية كاملة للتربة بوجود ماء كافٍ (Allen وآخرون، 1998، Rodrigues و Baga، 2021). يُعد التبخر (Evaporation) أحد العناصر المهمة في ميزان الطاقة السطحية ودورة الماء خصوصاً في البيئات الجافة وشبه الجافة، إذ يُظهر حساسية عالية للتغيرات المناخية اليومية ويُعرف التبخر بأنه العملية التي يتحول فيها الماء من حالته السائلة إلى بخار ويُقاس غالباً بكمية الماء التي تفقد من سطح التربة في مدة نمو المحصول (Liou و Kar، 2014). تُستعمل صفتي معدل التبخر (Evaporation rate) والتبخر التراكمي (Cumulative evaporation) كمؤشرات أساسية لقياس التبخر الأرضي (Xiao وآخرون، 2011). ينقسم التبخر من سطح التربة إلى ثلاث مراحل رئيسية: تبدأ المرحلة الأولى بتوفر الطاقة اللازمة للتبخر والانحدار في ضغط البخار، وتُعرف بمرحلة التبخر الحر أما المرحلة الثانية فتتمثل مرحلة تناقص التبخر، إذ ينخفض عن قيمته الكامنة وتُحدد فيها معدلات التبخر وفقاً لخواص التربة المائية وعمقها وتُعرف المرحلة الثالثة بمرحلة التبخر البطيء، إذ يتناقص المعدل مع انتشار بخار الماء عبر الطبقة الجافة السطحية (Allen وآخرون، 2001) وعادةً ما يكون الانتقال من المرحلة الأولى إلى الثانية سريعاً، بينما تتداخل المرحلتان الثانية والثالثة دون فاصل واضح. تلعب الممارسات الزراعية دوراً في تقليل التبخر من التربة، ومن بين هذه الممارسات: تنظيم المسافات بين النباتات، وزيادة نسبة الغطاء النباتي واختيار أساليب حراثة مناسبة فضلاً عن أنظمة الري وكميات المياه المضافة والتي يجب

أن تتوافق مع الصفات الهيدروليكية للتربة (Tolk و Howell، 1999). ويبيّن Goyal و Sankat (2006) أن التبخر يتأثر بشكل مباشر بالإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو وسرعة الرياح وضغط الهواء ونوعية المياه فضلاً عن خصائص السطح المتبخّر. أوضح Koumanov وآخرون (2003) أن معدل التبخر من سطح التربة يتأثر بمنسوب الماء الأرضي، إذ كلما انخفض هذا المنسوب قلّت كمية الماء المتبخرة نتيجة ضعف تأثير الخاصية الشعرية في نقل الماء إلى سطح التربة، كما أن نسجة التربة وعمق الماء الأرضي يُسهمان في تحديد سمك الطبقة الناقلة للماء. يتناقص التبخر بشكل أسي بمرور الزمن في ظل ظروف مناخية ثابتة، ويرتبط بعوامل مناخية عدة، إلى جانب الإيصالية المائية للتربة ونسبة تغطية سطحها بالنبات (Jovanovic وآخرون 2020، Hanks و Barros، 1993) في الترب غير المزروعة يكون التبخر أكثر تأثراً بالعوامل المناخية مثل شدة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي وقدرة التربة على نقل الماء (Van de Griend و Owe، 1994 و Jury وآخرون، 1991) وتُشير تقديرات Maselli وآخرون (2020) إلى أن التبخر من التربة المغطاة بالغابات والمروج والمحاصيل الزراعية يشكل ما نسبته 10%، 25%، و45% على التوالي من مجموع الماء المفقود كما أن لعمق الماء الأرضي ورطوبة السطح ونوع الغطاء النباتي ولون التربة والمدة الزمنية تأثيراً واضحاً في كمية الماء المتبخّر. بيّن مهدي وآخرون (2010) أن المحتوى الرطوبي للتربة يرتبط بشكل كبير بصفاتها الفيزيائية وهو من العوامل المؤثرة في التبخر-نتج.

النتج (Transpiration) يُقصد به فقدان بخار الماء من النبات عبر الثغور (Moon وآخرون، 2019). كما أن كمية الماء التي تستقر على الأوراق نتيجة المطر أو الري يتم فقدها بالتبخر (Sutor وآخرون، 2002). ويعتمد فقد الماء بالنتج على نوع النبات وشكل الأوراق وكثافة توزيعها ويزداد مع نمو النبات حتى يبلغ ذروته في مرحلة التزهير (Kisekka وآخرون، 2010)،

يُستخدم التبخر-نتج (Evapotranspiration) بوصفه مقياساً للاستهلاك المائي للمحاصيل وهو عنصر رئيسي في معادلات التوازن المائي، مما يجعله أداة مهمة في جدولة الري (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2000)، وتعتمد العملية على توفر إشعاع شمسي كافٍ لتوفير الحرارة وعلى توفر الماء في التربة (Soylu، 2011)، كما أن التبخر-نتج يتأثر بشدة بالتغيرات المناخية والخصائص النباتية (Zornberg و Cui، 2008). من أبرز العوامل التي تؤثر في التبخر الإشعاع الشمسي درجة حرارة الهواء وضغط البخار وسرعة الرياح وتختلف معدلات التبخر يومياً وفصلياً وقد تتساوى تقريباً بين التربة المشبعة والأسطح المائية تحت نفس الظروف الجوية

(Liu وآخرون، 2018). تعتمد دقة حساب التبخر-نتح على مدى دقة البيانات المناخية المتوفرة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2000). تستمر عملية التبخر عندما تتوفر ثلاثة شروط: وجود حرارة كافية وانخفاض ضغط البخار الجوي واستمرار توفير الماء للسطح المتبخر وهو أمر حاسم في المناطق الجافة (Hamouda and Ventura, 2020) و Edalatpour وآخرون، 2018) وعندما لا يكون توفر الماء محدوداً فإن المناخ هو العامل الرئيسي الذي يتحكم في التبخر ويصبح التبخر الفعلي (ETa) مساوياً للتبخر-نتح الكامن (Khan وآخرون، 2020). يُسفر التبخر عن جفاف الطبقة السطحية من التربة وفي البيئات الجافة قد يصل الفقد إلى أكثر من 50% من الماء المضاف (Velásquez وآخرون، 2018). أوضح Bastiaanssen وآخرون (2005) أن معظم الإشعاع الشمسي يُستخدم لتبخير الماء من سطح التربة والنباتات، بينما تُستخدم الطاقة المتبقية لاحقاً لرفع حرارة التربة والهواء بعد الجفاف.

8.2 التبخر-نتح فعلي ETa Actual Evapotranspiration

التبخر-نتح الفعلي (Actual Evapotranspiration, ETa)، هو كمية الماء التي تُفقد فعلياً نتيجة تبخر التربة ونتاج النبات تحت ظروف مناخية واقعية ويعكس الاحتياج المائي الفعلي للمحصول (Allen وآخرون، 1998)، ويختلف ETa حسب نوع النبات حجمه الخضري والجذري مراحل النمو الظروف المناخية ونظام الري المستخدم (Berca وآخرون، 2021 ، Lazzara وRana، 2010)، كما تختلف قيمه باختلاف المناطق بحسب الظروف البيئية الخاصة بكل منطقة (Piedallu وآخرون، 2019)، ووفقاً لـ (Aguirre Garcia وآخرون، 2021) فإن التبخر-نتح الفعلي يتأثر برطوبة التربة عمق الجذور الفعالة ونوع الغطاء النباتي. بين Kisekka وآخرون (2009) أن تقييم الإنتاج النباتي استناداً إلى كمية الماء المستهلكة (تبخر-نتح) يعطي دقة أعلى من الاعتماد على الماء المضاف، إذ إن الأخير قد يُفقد بالجريان أو الترشيح بينما يعكس التبخر-نتح كمية الماء الممتصة والمستخدمه فعلياً. ذكر الظفيري (1998) أن قياس ET اليومي يمثل خطوة جوهرية في موازنة المياه وهو عنصر أساسي لتقدير رطوبة التربة، وتصميم نظام الري وتحقيق إدارة مثلى للمياه، كما يُعد التبخر-نتح الفعلي من المؤشرات الأساسية لحساب الاحتياجات المائية خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة.

9.2 كفاءة استعمال الماء Water Use Efficiency

تعتبر كفاءة استعمال الماء عن الكمية التي يستفيد منها النبات من المياه المضافة أو كمية الحاصل الكلي بناءً على الوزن الجاف بالنسبة إلى إجمالي كمية المياه المستخدمة تُعد كفاءة استعمال المياه من المعايير الأساسية في تقييم إنتاجية الزراعة في المناطق التي تعاني من محدودية المياه وقد أظهرت دراسة Venot وآخرون (2017) أن زيادة إنتاج المحاصيل وتحسين كفاءة استعمال المياه يمكن تحقيقها عن طريق استخدام نظام الري بالتنقيط. الهدف من تصميم برنامج ري مناسب هو ضمان وصول المياه إلى النبات بشكل كافٍ وتقليل الخسائر الناتجة عن التسرب والتخلل العميق في التربة، مما يسهم في زيادة كفاءة استعمال المياه وتقليل تكاليف الضخ وتحقيق أعلى زيادة في الإنتاج من حيث الكمية والنوعية (Stevens، 2006).

تُعد إدارة المياه بشكل فعال في المناطق الجافة وشبه الجافة من الأسس المهمة في الزراعة، إذ تسهم في الحفاظ على أفضل إنتاج ممكن باستخدام كمية المياه المتاحة لكل وحدة مساحة مزروعة (Tavakoli وOweis، 2004). يمكن زيادة كفاءة المياه عن طريق استخدام طرق مختلفة وبرامج وتطبيقات للري التي تحد من كمية المياه المستخدمة (Pandey وآخرون، 2000)، ومن بين الأساليب المتبعة حالياً لتوفير أكبر كمية ممكنة من المياه أثناء الزراعة وزيادة كفاءة استعمال المياه (Water Use Efficiency) هو استخدام طريقة الري بالتنقيط كما تعكس أهمية كفاءة استعمال الماء الكمية المضافة التي استفاد منها النبات. تُعتبر كفاءة استعمال الماء عن طريق العلاقة بين الحاصل أو الوزن الجاف الخضري بالنسبة إلى الكمية الكلية لمياه الري المستخدمة (نديوي وآخرون، 2012). أكد Couto وآخرون (2013) أن أعلى كفاءة لاستعمال المياه يمكن تحقيقها عند تطبيق طريقة الري بالتنقيط. ذكر Wang وآخرون (2017) أن تقليل كمية مياه الري المضافة من مراحل معينة من نمو النبات يمكن أن يؤدي إلى زيادة الإنتاج مع تحسين كفاءة استعمال الماء. توصل الياسري وآخرون (2019) إلى أن زيادة الكفاءة المائية يمكن أن تتحقق من خلال زيادة تصريف منقطات الري وتقليل المسافة بين المنقطات والأنابيب الحقلية، إذ أن ذلك يعزز من توفر محتوى رطوبي مناسب مع خفض الكثافة الظاهرية وزيادة حجم المسامات في التربة، مما يساعد جذور محصول الذرة الصفراء على التغلغل وامتصاص الماء بشكل أفضل وزيادة كفاءته. أكد Mubarak (2020) أن انخفاض كفاءة استعمال المياه يرتبط بزيادة المسافة بين خطوط التنقيط.

10.2 نظام الري بالتنقيط السطحي Surface Drip Irrigation System

تتجه الزراعة الحديثة عالمياً نحو تقنين كمية مياه الري المستخدمة مع الحفاظ على الإنتاج الزراعي، مما يجعل طريقة الري بالتنقيط من أهم الخيارات المتاحة، يُعد الري بالتنقيط من أكثر طرق الري كفاءة، إذ يؤثر بشكل إيجابي على زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية مقارنةً بطرق الري الأخرى التي تؤدي إلى هدر كبير في كميات المياه (Nabanita وآخرون، 2018). يتميز نظام الري بالتنقيط بكفاءته العالية ويتناسب مع معظم المحاصيل الزراعية، إذ يعتمد تصميمه على الخصائص المائية للتربة وحجم التصريف للمنقطات والمسافة بين خطوط التنقيط وعند حساب المعايير التصميمية بدقة يوفر نظام الري بالتنقيط جدوى اقتصادية جيدة مقارنةً بطرق الري الأخرى (Tayel، 2015). أشار Wang وآخرون (2020) إلى أن توفير المياه في الحقول تحت نظام الري بالتنقيط يعتمد على التبخر- نتح وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء. ذكر Yassen وآخرون (1992) أن الري بالتنقيط يُعد أكثر طرق الري توفيراً للمياه، إذ يمكن أن تصل نسبة التوفير إلى 60% مقارنةً بطرق الري السطحية التقليدية.

إن تطبيق نظام الري بالتنقيط يعني الاستعمال الأمثل للمياه، مما يقلل من أعباء إدارة المياه والجهد المبذول، مما يؤدي في النهاية إلى خفض التكاليف الاقتصادية كما يضمن توزيعاً متوازناً للمياه في الحقل دون فقدان المياه عبر الجريان السطحي أو التخلل العميق (Stryker، 2001)، فضلاً عن ذلك يمكن إضافة الأسمدة والمبيدات مع مياه الري ويمكن تطبيق نظام الري بالتنقيط في الأراضي غير المستوية أو التي يتطلب تعديلها تكاليف مالية مرتفعة (Acar وآخرون، 2009) و (Goyal وآخرون، 2015). أظهرت نتائج دراسة Wang وآخرون (2020) أن استخدام نظام الري بالتنقيط يعزز كفاءة استعمال المياه لمحصول الذرة الصفراء بنسبة تصل إلى 11% من الموسم مقارنةً بنظام الري بالأحواض كما لوحظ انخفاض في كميات المياه المفقودة نتيجة التخلل العميق والتبخر- نتح بمعدل 8% و 7% على التوالي على مدار خمس سنوات فضلاً عن ذلك سجل معدل التصريف في نظام الري بالتنقيط انخفاضاً بنسبة 8% مقارنةً بطريقة الري بالأحواض تتميز طريقة الري بالتنقيط بالعديد من الفوائد لكنها تواجه بعض التحديات مثل التكلفة العالية نسبياً لنظام الري مقارنةً بالطرق الأخرى فضلاً عن حاجتها للطاقة أثناء التشغيل وهذا ما أدى إلى أن نسبة الأراضي التي تُروى بالتنقيط لا تتجاوز 10% على مستوى العالم مقارنةً بطرق الري الأخرى (ICID، 2017)، كما تتطلب المنقطات صيانة

دورية بسبب تراكم الأملاح وانسدادهما فضلاً عن الحاجة إلى كادر ذي خبرة فنية عند نصب المنظومة في الحقول (Sokol وآخرون، 2019).

1.10.2 مميزات نظام الري بالتنقيط السطحي Advantages of the Surface Drip Irrigation System

يتصف نظام الري بالتنقيط بمميزات أدت إلى زيادة استخدامه وانتشاره مقارنةً بطرائق الري الأخرى. أكد (Shameulli و Goldberg، 1970) إن للري بالتنقيط تأثيراً كبيراً في نمو النباتات التي لا تستطيع النمو تحت أنظمة الري الاعتيادية كالغمر والمرور بسبب مشاكل ملوحة التربة والمياه، وأشاروا بأن هذا النظام يكون ملائماً تماماً في المناطق الصحراوية والجافة وقليلة المياه، وأكدوا أيضاً أن كفاءة هذا النظام كانت أعلى مقارنة بطريقتي الغمر والمرور. ذكر (Locascio و Myers، 1972) إن استخدام الري بالتنقيط يمنع تطور أي شد رطوبي عال بالتربة ويحافظ على مستوى رطوبي عند حدود السعة الحقلية باستمرار ويستخدم نصف كمية المياه المستخدمة بطريقة الري بالمرور. أكد Bucks وآخرون (1981) إن نظام الري بالتنقيط يكون هو الأفضل للاستخدام في الترب الرملية ذات القابلية المنخفضة للاحتفاظ بالماء والترب غير المستوية وفي الحالات التي تكون فيها مياه الري قليلة ومالحة نسبياً. أشار Phene وآخرون (1986) أن معدل إضافة الماء في نظام الري بالتنقيط يكون في الغالب أقل من معدل الغيض الأساسي للتربة ولذلك فإن الماء يتحرك أفقياً وعمودياً في مقد التربة دون حدوث فقدان أو جريان سطحي. ذكر الطيف والحديثي (1988) أن للري بالتنقيط دوراً إيجابياً في تحسين الخواص الفيزيائية للتربة والحد من ظاهرة التصلب السطحي. ذكر الدجوي (1999) أن الري بالتنقيط يعد من طرائق الري الحديثة التي يتم فيها الري بحجم من المياه يقترب من كمية الاستهلاك المائي للنباتات وذلك لتوفر إمكانية التحكم في كميات الماء المضافة في كل رية حسب الاحتياجات الفعلية للنباتات.

2.10.2 عوامل تصميم نظام الري بالتنقيط السطحي Design Factors of Surface Drip Irrigation System

1.2.10.2 المسافات بين أنابيب التنقيط Drip Line Spacing

تُعد المسافة بين أنابيب التنقيط من العوامل الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند نصب منظومة الري بالتنقيط في الحقول وذلك لضمان توزيع متجانس للمياه وتقليل الفاقد المائي

فضلاً عن تحديد جدولة الري المناسبة للمحصول دون التأثير سلباً على الإنتاج وقد أشار Dangar و آخرون (2017) إلى أن زيادة المسافات بين خطوط التنقيط تُعد من الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى انخفاض الإنتاج ، اذ يتعرض النبات الى اجهاد مائي عالٍ على النقيض من ذلك فإن تقليل المسافة بين خطوط التنقيط يُسهم في زيادة الإنتاج اذ يرتبط ذلك بتوفير محتوى رطوبي مناسب في منطقة الجذور وترطيبها المستمر مما يُحرر العديد من العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات ويؤدي في النهاية إلى زيادة الحاصل والإنتاج.

اوضح Moursy (2017) أن تحسين المسافات بين نقاط الري والانابيب تؤدي الى زيادة معدلات الانتاجية المائية العائد للنبات خلال الموسم بالنسبة لحجم المياه المستعملة. بين Al-Topak وHurmuzi (2018) إلى أن تقليل عدد خطوط التنقيط لكل وحدة مساحة يعد من أبرز الممارسات الاقتصادية التي تُستخدم لتقليل التكاليف الإجمالية للمنظومة ومع ذلك عند تطبيق نظام الري بالتنقيط في المناطق الجافة وشبه الجافة يجب مراعاة التباعد المناسب بين خطوط التنقيط لتحقيق توزيع أفضل لشبكة الري، مما يضمن تداخلاً مثاليًا لمساحة الابتلال والترطيب لكل منقط وتغطية كاملة لمساحة الحقل، ويُعد ذلك أمرًا بالغ الأهمية لاسيما في ظل محدودية هطول الأمطار في هذه المناطق، مما يجعل الري قبل الزراعة غير ممكن ومن ثم يتطلب الأمر استخدام نظام الري بالتنقيط كاحتياطي لضمان نجاح عملية إنبات البذور حتى في المناطق ذات الأمطار العالية يُنصح باستخدام أسلوب زراعة يعتمد على تنظيم الخطوط والمسافات المناسبة بينها. ذكر Fischer و آخرون (2019) أن أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض الإنتاجية هو اختلاف المسافات بين خطوط التنقيط. أظهرت نتائج Janan و Ramazan (2018) أن استخدام مسافة 0.70 م بين خطوط التنقيط مع الحفاظ على نفس المسافة بين صفوف النباتات أدى إلى تحقيق أفضل أداء لنظام الري بالتنقيط عند ري محصول الذرة السكرية، اذ حققت هذه المسافة أعلى إنتاجية للنبات وعلاوة على ذلك وجد Chouhan و آخرون (2015) أن توزيع المحتوى الرطوبي بين خطوط التنقيط في الحقل عند المسافة 0.30 م كان أكثر تجانساً وفعالية مقارنةً بالمسافات الأخرى وذلك يعود إلى عملية توازن وتوزيع الماء في الاتجاهين الأفقي والعمودي في التربة. بين Wang و Wan (2007) إلى أن نسجة التربة تعد من الخصائص الفيزيائية الهامة التي تؤثر بشكل مباشر على قطر المساحة المبتلة تحت المنقط وطريقة انتشار الماء في التربة من مدة زمنية معينة. أوضح Wahba و آخرون (2018) أن مساحة المنطقة المبتلة حول النبات وشكل توزيع الرطوبة في التربة يعتمد على كمية الماء المضافة حيث يزداد توزيع الرطوبة مع تقليل المسافة بين المنقطات وتقارب خطوط الري.

2.2.10.2 تصريف منقطات الري Dripper Flow Rate

تُعد المنقطات أجهزة صغيرة تتميز بتصريف منخفض ومنتظم حيث تُثبت على أنابيب التنقيط ولا يتغير تصريفها نتيجة التغيرات الطفيفة في ضغط المياه تختلف المنقطات من حيث الأشكال والأحجام (الحديثي وآخرون، 2010). يرتبط تصريف المنقط بشكل مباشر بنمط توزيع الرطوبة داخل التربة وتعتمد إدارة وتصميم شبكات الري في الحقول بشكل كبير على كيفية حركة توزيع المياه في التربة، وقد أظهرت نتائج دراسة Mostafa و آخرون، (2018) أن نسبة التوزيع العمودي للرطوبة داخل التربة تكون أكبر من نسبة التوزيع الأفقي عند استخدام منقطات ذات تصريف 4 لتر/ساعة¹. وجد Gardenas و آخرون(2005) أن تجمع المياه على سطح التربة بشكل يفوق احتياجات المحصول المزروع يعود إلى زيادة تصريف المنقطات المستخدمة، مما يؤدي إلى تراكم المياه فوق السطح ومن ثم زيادة فقدان الماء عن طريق التبخر السطحي. يعد نوع النبات المزروع من العوامل الأساسية والمهمة في تحديد حجم التصريف المناسب للري، إذ يُنصح باستخدام تصارييف منخفضة عند زراعة نباتات ذات جذور سطحية تحتاج إلى ترطيب مستمر للتربة، ينطبق هذا بشكل خاص على المناطق التي تعاني من نقص في المياه المتاحة وكذلك في الترب 1 الثقيلة والمحاصيل الحساسة للأمراض الفطرية، بالمقابل تُستخدم المنقطات ذات التصريف العالي في المناطق الجافة حيث تكون نسبة التبخر مرتفعة وفي الترب الرملية لزيادة مساحة قطر الابتلال كما يُطبق ذلك عند إجراء عملية غسل الأملاح من التربة، في حالة وجود شوائب في مياه الري يُفضل استخدام تصارييف مرتفعة لضمان عدم انسداد المنقطات بشكل متكرر داخل الحقل، حيث إن زيادة التصريف تؤدي إلى زيادة قطر فوهة التنقيط (علاوي، 2007). بين عودة وآخرون (2016) أن الري بالتنقيط يتفوق في الإنتاج وكفاءة استعمال المياه لمحصول الذرة الصفراء مقارنة بالري بالرش مع استخدام مسافات 0.75 م بين خطوط التنقيط وتصريف قدره 4 لتر/ساعة² عند ضغط تشغيل 1 بار، حيث بلغ الاستهلاك المائي 3592 م³/هكتار، مما أدى إلى توفير في كمية مياه الري بنسبة 56.5% وزيادة في حجم الإنتاج بلغت 7278 كغم/هكتار. أظهر المحمدي (2011) أن أعلى نسبة للمحتوى الرطوبي تُسجل بالقرب من مصدر التنقيط حيث تنخفض هذه النسبة مع زيادة المسافة في الاتجاهين الأفقي والعمودي، وذلك عند مستويات تصريف تبلغ 3.99 و 7.88 لتر/ساعة¹ وذلك لجميع معاملات الدراسة. من جهة أخرى أشار EI-Hafedh وآخرون (2001) إلى أن مستويات الري والحجم الكلي للمياه المضافة عند اتباع أسلوب معين من عملية الري الواحدة تؤثر بشكل كبير على الحركة الأفقية

للمياه وسرعة انتشارها تحت منقطين متتاليين، كما أن التقاء جبهتي الترطيب بين الأنابيب يسهم بشكل ملحوظ في تقليل فقدان المياه خلال الغيض خارج المنطقة الجذرية للنبات.

3.2.10.2 توزيع الرطوبة داخل التربة Soil Moisture Distribution

تتأثر عملية توزيع الرطوبة في التربة بعدة عوامل بشكل مباشر من بينها نسجة التربة ونفاذيتها فضلاً عن حجم المياه المضافة ومستوى الشد الرطوبي، كما أن وجود طبقات غيرنفاذة وكمية الرطوبة الموجودة في التربة قبل الري يؤثران أيضاً على هذا التوزيع (خليل، 1989)، وتجدر الإشارة إلى أن تأثير هذه العوامل يختلف تبعاً لنوع التربة. إن فهم كيفية توزيع الرطوبة في التربة يعد أمراً ضرورياً لتحديد كمية المياه اللازمة للري على فترات زمنية مختلفة وذلك لمواجهة نقص المياه، مع الاستفادة المثلى من العوامل الهيدروليكية لمسافات الري، مما يساهم في توفير رطوبة كافية ومنتظمة للنبات (Himanshu وآخرون، 2012). بينت دراسات Eid وآخرون (2014) أن تسوية سطح التربة تحسن من الحركة الأفقية للماء على السطح، مما يؤدي إلى توزيع أكثر تجانساً للرطوبة. أوضح العبادي (2004) أن الماء يتحرك عمودياً بشكل أسرع في التربة الرملية مقارنة بالتربة الطينية الغرينية عند إضافة نفس الكمية من الماء، بينما يكون التقدم الأفقي لجبهة الابتلال متقارباً في كلا النوعين من التربة. أكد غزال (2017) على أهمية كمية الماء المضاف في توزيع الرطوبة، حيث وجد أن استخدام منقطات ذات تصريف منخفض (3.94 لتر/ساعة) يعطي نتائج أفضل من المنقطات ذات التصريف العالي (7.88 لتر/ساعة)، وأشار إلى أن زيادة المساحة المبتلة المعرضة للتبخر ترتبط بزيادة التصريف وطول مدة الري، حيث أن بقاء الماء على سطح التربة يزيد من التبخر، خاصة خلال مراحل نمو النبات. أشار Dangar وآخرون (2017) إلى أن التوزيع المتوازن للأنابيب والمنقطات في شبكة الري يقلل من فقد الماء عن طريق التبخر والرشح العميق بشرط استخدام معدلات تصريف مناسبة. وفي دراسة أخرى، بحث Chouhon وآخرون (2015) تأثير المسافات بين الأنابيب (60، 80، 100 سم) والمسافات بين المنقطات (30، 40، 50 سم) على توزيع الرطوبة في التربة الطينية الغرينية، توصلوا إلى أن مسافة 60 سم بين الخطوط الحقلية و30 سم بين المنقطات تعطي أفضل توزيع للرطوبة، حيث سجلت رطوبة وزنية قدرها 21.14% على عمق 0-60 سم. وأظهرت النتائج أن زيادة المسافة بين أنابيب التنقيط تقلل من محتوى الرطوبة في التربة، بغض النظر عن المسافة بين المنقطات.

11.2 معامل المحصول Crop Coefficient

تم إدخال مفهوم معامل المحصول بواسطة Jensen (1968) وتطويره من قبل عدد من الباحثين، يُعرف معامل المحصول بأنه النسبة بين الاستهلاك المائي الفعلي والاستهلاك المائي المرجعي (Allen وآخرون، 1998). يُعد معامل المحصول بأنه نسبة التبخر والنتح الفعلي للمحاصيل (ETa) إلى التبخر والنتح المرجعي (ETo) ويعكس تكامل التأثيرات الناتجة عن الخصائص المميزة للمحاصيل الحقلية مثل غطاء الأرض وخصائص المظلة الخضرية والمقاومة الهوائية. يعتمد تقدير التبخر والنتح الفعلي للمحاصيل على مرحلتين: حساب التبخر والنتح المرجعي للمحاصيل ومعامل المحصول لنفس اليوم، يُعد التبخر المرجعي مقياساً لتبخر الماء، بينما يمثل معامل المحصول الخصائص المتعلقة بالمحاصيل والممارسات الإدارية، ترتبط قيمة معامل المحصول بالتبخر والنتح، فضلاً عن خلو النبات من الأمراض ونسبة المساحة المزروعة تحت الظروف المثلى من حيث رطوبة التربة وخصوبتها، مما يحقق إمكانيات الإنتاج الكاملة (Rana وLazzara، 2010). أشار Amayreh وAl-Abed (2005) إلى إن قيمة معامل المحصول تتغير وفقاً للمحصول ونظام الري فضلاً عن المغطيات والكثافة النباتية والتغيرات في هيكليات البساتين والظروف المناخية المؤثرة على التزهير البيولوجي ونمو المحصول، تعتمد تحسين إدارة الموارد المائية والتخطيط على متطلبات المياه للمحاصيل وكذلك معامل المحصول الذي يختلف باختلاف المحاصيل (Rana وKaterji، 2008). ذكر Al-Abec وAmagreh (2005) وErtek (2011) إن معامل المحصول يتأثر بنفس العوامل التي تؤثر على رطوبة التربة مثل طريقة الري وجدولة الري. ومن المهم الإشارة إلى أن تحسين التقنيات الوراثية وطرق الري وإدارة المياه يلعب دوراً في تغيير تطور ونمو المحصول ومن ثم تحسين معامل المحصول. يمكن تقدير معامل المحصول مباشرة من الحقل أو بصورة تقريبية عن طريق جداول مثل تلك الموجودة في FAO (1998). من الضروري معرفة معاملات المحاصيل التي تؤثر على مراحل النمو والصفات الفسيولوجية للنبات، والخصائص الديناميكية الهوائية وارتفاع مقاومة المظلة الخضرية وأيضاً من خلال الظروف التي تؤثر على تبخر الماء من التربة. يُحدد معامل المحصول لمختلف أنواع المحاصيل في ظل جميع الظروف المناخية حيث تحتاج هذه المعاملات إلى تعديل وفقاً للظروف المحلية كما أوصت بذلك منظمة الأغذية والزراعة، مع الأخذ بعين الاعتبار تنوع المناخ، والممارسات الزراعية وإدارة التربة والمياه

(Medeiros وآخرون، 2005). إن تحسين فعالية معامل المحصول يلعب دورًا حيويًا خاصة في منتصف الموسم، حيث تشير القيم في هذه الفترة إلى ذروتها وتعتمد على مدة الموسم، التي تكون عادة الأكثر ملاءمة لأغراض الري والأكثر حساسية للإجهاد المائي، ومن ثم فإن هذه المدة تعد ذات أهمية كبيرة للحصول على جدولة دقيقة للتطبيق (Čereković وآخرون، 2010).

12.2 فستق الحقل Groundnut

يُعد فستق الحقل من أبرز البقوليات التي تُستهلك على مستوى العالم وذلك بسبب قيمته الغذائية العالية (Toomer، 2017). انتشر الفول السوداني إلى مناطق أخرى من العالم انطلاقًا من أمريكا الجنوبية ويتم تصنيف فستق الحقل إلى عدة أنواع، تشمل فرجينيا ورنر وإسبانيا وفالنسيا، وذلك بناءً على عدة خصائص مثل شكل البذور، نمط التفرع، مدة نضوج النبات، وسرعة النمو. يُستهلك الفول السوداني بطرق متعددة، منها النيء، المسلوقة، زيت فستق الحقل، المعجون، والمحمص (كوجبة خفيفة)، كما يُستخدم في صناعة ألواح الطاقة والحلويات، فضلاً عن إضافته إلى الوجبات الخفيفة (Suna و Çiftçi، 2022). يُعد فستق الحقل رابع أهم مصدر لزيت الطعام وثالث أهم مصدر للبروتينات النباتية، ينتمي هذا المحصول الصيفي إلى عائلة البقوليات Fabaceae والاسم العلمي *Arachis hypogaea* L. موطنه الأصلي هو أمريكا الجنوبية (Manasa وآخرون، 2015). تحتوي بذور فستق الحقل على نسبة زيت قد تصل أحياناً إلى أكثر من 55% من وزنها الكلي، كما تحتوي على معدلات مرتفعة من البروتينات النباتية القابلة للهضم التي قد تصل في بعض الحالات إلى أكثر من 33% تُستخدم مخلفات فستق الحقل في تصنيع أعلاف الماشية والدواجن، مما يساهم في تعزيز قطاع الثروة الحيوانية (جدوع، 2017). يُصنف فستق الحقل ضمن أهم 13 محصولاً على مستوى العالم ويحتل المرتبة الأولى بين خمسة محاصيل زيتية شائعة عالمياً، ومع ذلك فإن التوسع في زراعته في العراق لم يكن متناسباً مع أهميته الاقتصادية، حيث تُزرع مساحات محدودة مقارنة بالدول المنتجة لهذا المحصول، مثل الصين التي تُعد أكبر منتج له تليها الهند في المرتبة الثانية، حيث يشكل إنتاجهما معاً أكثر من 50% من الإنتاج الكلي العالمي (AL-Hilfy و Al-Muger، 2016). التربة المناسبة لزراعة الفستق هي التربة الرملية ذات النسجة الخشنة، يحتوي فستق الحقل على 26% من وزنه بروتين، و50% مواد دهنية، حيث يتميز دهنه بأنه رقيق وغير ضار، أما القشرة الحمراء التي تغلف الثمرة الداخلية فهي غنية بفيتامين B. يتميز الجذر بشكل وتدي قوي النمو حيث تمتد أفرعه الجانبية المتعددة لبضعة سنتيمترات في التربة ومعظم جذوره تحتوي على

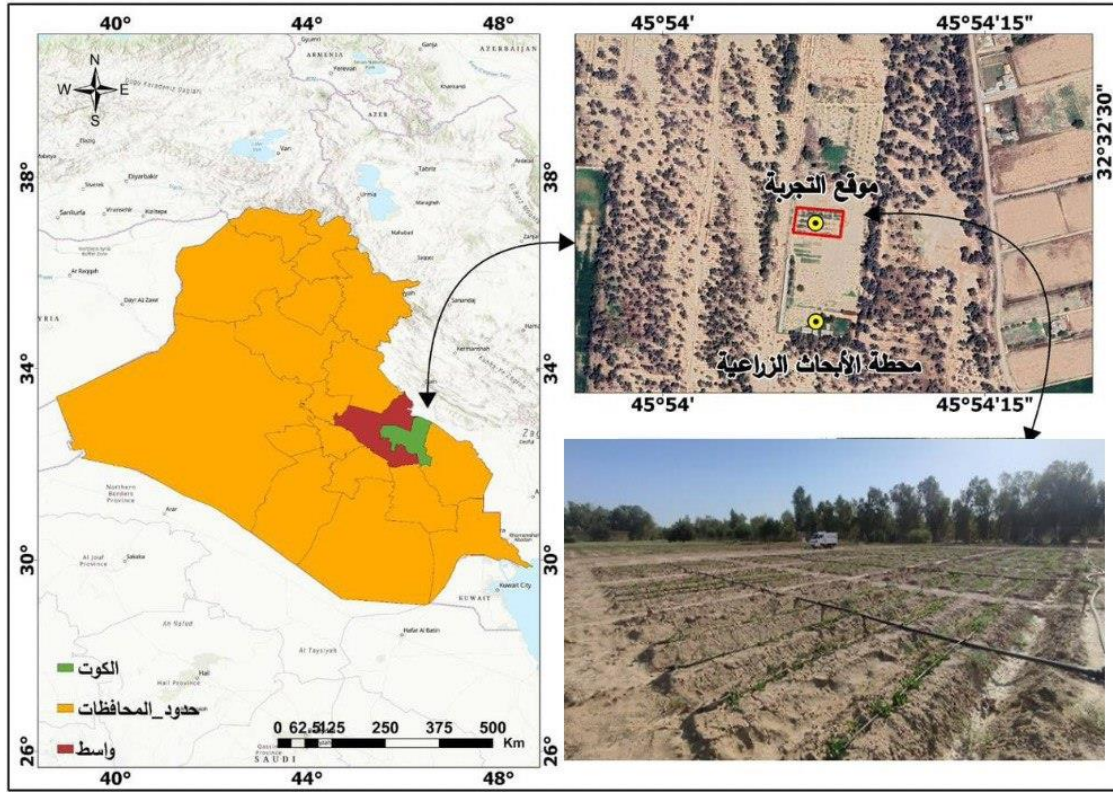
عقد جذرية بينما تكون الشعيرات الجذرية قليلة. الساق قد تكون قائمة أو نصف قائمة أو مفترشة وتغطيها أوباروتتكون من عقد وسلاميات تخرج منها الأفرع الثمرية (المهاميز) التي تتشكل عليها الثمار (القرنات) من العقد السفلية القريبة من سطح التربة. الأوراق ريشية مركبة تتكون من أربعة وريقات خضراء داكنة وتغلق مساءً وعند هبوب الرياح. الثمار تأخذ شكل القرن وتحتوي على 1-3 بذور ويتغير لونها حسب نوع التربة التي يُزرع فيها النبات. البذور ثنائية الفلقة ولونها قد يكون ترابياً أو أحمر أو قرميدياً وهي غنية بالبروتين والزيت والكربوهيدرات والعناصر المعدنية والفيتامينات، أما الأزهار فهي تتراوح في لونها بين الاصفر والبرتقالي حسب الصنف محمولة على حوامل زهرية ناتجة عن العقد السفلية القريبة من سطح التربة وتتحول بعد التلقيح الى ثمار تتغلغل بعدها في التربة. بين AL-Saad وAL-Kaisy (2010) بأن التجارب المتعلقة بتطوير زراعة فستق الحقل في العراق وبالتحديد في منطقة أبي غريب تتضمن تحديد العوامل والعمليات الزراعية التي تسهم في تحسين إنتاجية هذا المحصول وزيادة معدل إنتاجه في وحدة المساحة، وقد أظهرت التجارب البحثية أن إنتاجية المحصول بلغت 4.5 طن.هكتار⁻¹ كحد أقصى، بينما تصل الإنتاجية العالمية ضمن نطاق التجارب إلى 5.1 طن.هكتار⁻¹ مع اختلاف الإنتاجية بناءً على الصنف وموعد الزراعة والمسافات وكمية الأسمدة المستخدمة. يتطلب محصول فستق الحقل مجموعة من الظروف البيئية الملائمة للنمو، ويعد المناخ من أهم العوامل المؤثرة في زراعته وانتشاره، ومن بين مكونات المناخ التي تلعب دوراً كبيراً في تحديد الإنتاج تأتي درجة الحرارة والضوء في المقدمة، حيث تُعد الحرارة من العوامل الأساسية في نمو وتوزيع فستق الحقل، إذ تؤثر على حيوية البذور وإنباتها والنمو الخضري والزهري وإنتاج الثمار ولكل مرحلة من مراحل نمو الفستق درجة حرارة مثلى تختلف عن تلك الخاصة بالمرحلة الأخرى، تؤثر الحرارة على محصول فستق الحقل من ثلاث زوايا، طول فصل النمو، الحدود الحرارية للمحصول، وخلوه من الصقيع، وتوجد حدود حرارية دنيا ومثلى وعظمى تؤثر على نموه في جميع مراحل تطوره، حيث تبلغ درجة الحرارة الدنيا 13°م، المثلى 30°م، والعظمى 35°م. يُفضل أن لا تقل درجة حرارة التربة عن 12°م خلال مرحلة الإنبات وعند انخفاض درجة الحرارة عن 20°م يتباطأ النمو، بينما تؤدي درجات الحرارة تحت -3°م إلى موت النباتات والبذور، لذا يُزرع فستق الحقل في المناطق التي لا تتعرض للصقيع لمدة 200 يوم على الأقل. فضلاً عن المتطلبات الحرارية يحتاج المحصول إلى أراضٍ مستوية قليلة الانحدار لتسهيل عملية الحرث وتوفير المياه للمحاصيل الصيفية، وتعد التربة من العناصر الطبيعية المهمة بعد المناخ في التأثير على زراعة فستق الحقل، حيث تُعد خصوبة التربة من العوامل الأساسية التي تحدد

نجاح الزراعة وجودة الغلات الزراعية. تختلف المحاصيل المزروعة في كل نوع من التربة وفقاً لخصائصها، حيث يزدهر فستق الحقل في الأراضي الرملية الخشنة النسجة نظراً لحاجته إلى تهوية عالية وعدم تحمله لركود المياه. تتوفر هذه الخصائص في التربة الرملية والمزيج الرملية في العراق (محمد، 2007 والمالكي، 2003).

3. المواد وطرائق العمل Materials and Methods

1.3 موقع اجراء التجربة Experimental Site

اجريت تجربة في الموسم الصيفي لسنة 2024 م في حقول محطة الأبحاث الزراعية التابعة الى مديرية زراعة محافظة واسط في منطقة الكارضية الواقعة على خط طول " 31.7'32°45 شرقاً ودائرة عرض " 15.21'32°32 شمالاً وعلى ارتفاع 25م عن مستوى سطح البحر. كانت نسجة تربة الحقل مزيجة طينية غرينية للطبقة الاولى (0 – 10 سم) و مزيجة طينية للطبقتين (10 – 20 و 20 – 30 سم) على التوالي .



شكل (3) موقع التجربة في حقول محطة الابحاث الزراعية، منطقة الكارضية، الكوت، واسط

2.3 تهيئة التربة للزراعة Land Preparation for Cultivation

تم حراثة الارض بالمحراث الثلاثي القلاب وتنعيمها بالرادفتير مرة واحدة وتعديل سطح التربة بالمعدلان ، قسم الحقل البالغ مساحته 750م² الى وحدات تجريبية وبثلاث قطاعات وثلاثة معاملات .تم فتح المروز بواسطة المرارة وكان ارتفاع المرز 30 سم وعرض المرز من

الأعلى 37,5 سم ومن الأسفل 75 سم وطوله 3 م وتم تقسيم كل وحدة تجريبية الى 4 مرز كل مرز يحتوي على 10 جور تركت المسافة بين جورة واخرى 30سم ، و المسافة بين كل مرز واخر في نفس اللوح 75سم، بلغ عدد المعاملات في التجربة (36) وحدة تجريبية (المالكي،2003).

3.3 الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل Physical and Chemical

Properties of the Field Soil

اخذت عينات بصورة عشوائية من عدة مواقع من تربة الحقل وعلى ثلاثة اعماق +10 و +20 و +30 سم، تم مزج العينات مع بعضها واستخلصت منها عينة مركبة وتم تجفيف عينات التربة هوائيا ثم طحنت ونخلت من منخل قطر فتحاته 2 ملم. واستعملت هذه العينات لتقدير كل من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية.

1.3.3 الصفات الفيزيائية Physical Properties

1- تحليل حجوم دقائق التربة :- قدرت بطريقة المكثاف (Hydrometer) وفق الطريقة الموضحة في (Black وآخرون ، 1965).

2- كثافة التربة الظاهرية :- (f_b) ميكاجرام م³- تم تقديرها بطريقة الأسطوانة المعدنية Core Sample وفق الطريقة الموضحة في (Black واخرون،1965).

3 - كثافة التربة الحقيقية :- (f_s) ميكاجرام م⁻³, قدرت كثافة التربة الحقيقية بأستخدام طريقة (Pycnometer Method) قنينة الكثافة وفق الطريقة الموضحة في (Black وآخرون ، 1965).

4 - المسامية الكلية للتربة (f) : حسبت المسامية الكلية من قيم كثافة التربة الظاهرية وكثافة التربة الحقيقية وفقا لطريقة Vomocil الواردة في Black وآخرون (1965) ومن العلاقة الاتية:

$$f = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \right) \dots\dots\dots (1)$$

5 - الإيصالية المائية المشبعة : (Ks) قدرت الإيصالية المائية المشبعة بطريقة عمود الماء الثابت وفقا لقانون دارسي وحسب المعادلة الآتية (Klute ، 1986).

$$Ks = VL/AT\Delta H..... (2)$$

إذ إن :

Ks : الإيصالية المائية المشبعة (سم ساعة⁻¹) .

V : حجم الماء المتجمع أسفل عمود التربة (سم³) .

A : مساحة مقطع الجريان (سم²) .

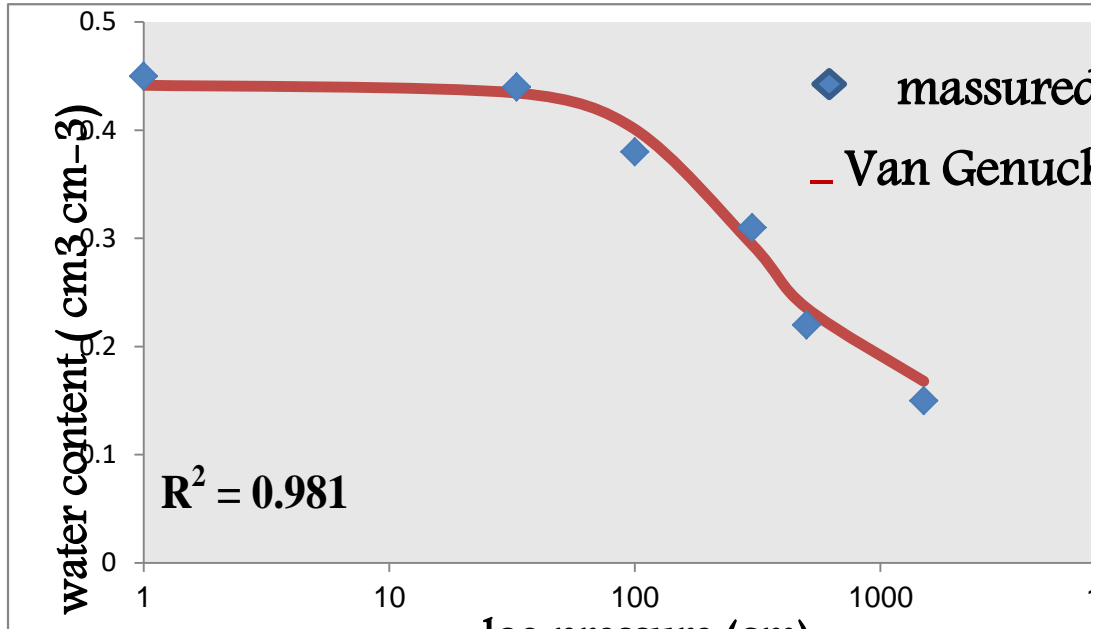
T : زمن جمع الماء (ساعة) .

L : طول عمود التربة (سم) .

ΔH : التغير في جهد الماء بين سطح الماء و خروجه من عمود التربة (سم) .

6- ثباتية تجمعات التربة : قدرت باستخدام طريقة النخل الرطب المذكورة في (Black و آخرون، 1965) .

7- منحني الوصف الرطوبي: أخذ نموذج تربة للعمق 0-30 سم من تربة الحقل قبل الزراعة و جفف هوائيا و طحن و مرر من منخل قطر فتحاته 2 مم ، كما استعملت حلقات خاصة للنماذج ارتفاعها 1سم و قطرها 5سم ، تم تشبييعها بالماء بالخاصية الشعرية لمدة 24 ساعة ، استعملت صحنون الضغط و اغشية الضغط لتقدير المحتوى الرطوبي الوزني لهذه الترب باستعمال الشدود (0 و 0.3 و 1 و 3 و 5 و 15) بار وذلك حسب الطريقة الموضحة في (Black و آخرون، 1965) .



شكل (4) منحنى الوصف الرطوبي لتربة حقل التجربة لعمق (0- 30) سم

8-المحتوى الرطوبي (الحجمي والوزني) للتربة : قدر المحتوى الرطوبي لجميع المعاملات في التجربة طويلة موسم النمو عن طريق اخذ نماذج من التربة لمراحل النمو المختلفة بعد 24 ساعة من الري وقبل الري اللاحقة على اعماق (10 – 20 – 30) سم من سطح التربة اعتماداً على تتبع عمق جذور المحصول خلال مراحل نمو المحصول ووزنت وجففت في الفرن على درجة 105م لحين ثبات الوزن ، وتم حساب الرطوبة الوزنية P_w وفقاً للطريقة التي ذكرها (Richards، 1954) خلال موسم نمو المحصول لغرض جدولة الري. وحساب الرطوبة الحجمية عن طريق ضرب الرطوبة الوزنية P_w في الكثافة الظاهرية للتربة .

جدول (1) بعض الصفات الفيزيائية لتربة الحقل قبل الزراعة

عمق التربة (م)			وحدة القياس	الصفة
0.30-0.20	0.20-0.10	0.10-0		
1.41	1.39	1.36	ميكاغرام م ⁻³	كثافة التربة الظاهرية
2.47	2.45	2.43		كثافة التربة الحقيقية
42.92	43.27	44.03	%	المسامية الكلية
1.7	2.6	15.29		ثباتية تجمعات التربة
3.9	4.3	4.6	سم/ساعة	الايصالية المائية المشبعة
36.7	36.3	37	%	المحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية
15.7	15.8	17.8		المحتوى الرطوبي الحجمي عند نقطة الذبول الدائم
255	212	193	غم كغم ⁻¹ تربة	الرمل
452	474	471		الغرين
293	314	336		الطين
Clay loam	Clay loam	Silty clay loam	النسيج	

2.3.3 الصفات الكيميائية Chemical Properties

1- درجة تفاعل التربة (PH) :- قدرت في مستخلص التربة 1:1 باستخدام جهاز PH meter وفق الطريقة الموضحة من قبل (Page وآخرون، 1982).

2- الايصالية الكهربائية (Ec) :- قدرت في مستخلص التربة 1:1 باستخدام جهاز Conductivity Bridge تبعا لـ (Page وآخرون، 1982).

3- محتوى المادة العضوية:- تم تقديرها بطريقة الاكسدة الرطبة تبعا لطريقة Walkely and Black الموضحة في (Jackson , 1958).

الايونات الذائبة قدرت في مستخلص عجينة التربة المشبعة وكما يأتي:-

4- الصوديوم والبوتاسيوم: تم قياسها بجهاز اللهب الضوئي (Flame photometer). حسب طريقة (Richards، 1954).

5- الكالسيوم والمغنيسيوم: قدرت بطريقة التسحيح مع الفرسينت (NaEDTA). حسب طريقة (Richards، 1954).

6- الكلوريد: قدر بطريقة التسحيح مع نترات الفضة ($AgNO_3$) باستخدام كاشف كرومات البوتاسيوم (Richards، 1954).

7- الكربونات: قدرت بالتسحيح مع حامض الكبريتيك (0.01 عياري) باستخدام كاشف الفينولفثالين (Richards، 1954).

8- البيكاربونات: قدرت بالتسحيح مع حامض الكبريتيك (0.01 عياري) باستخدام كاشف المثيل البرتقالي Methyl orange. واجريت التحليلات اعلاه حسب ما ورد في (Richards، 1954).

9- الكبريتات: قدرت بترسيبها على هيئة كبريتات الباريوم حسب ماورد في (Richards، 1954).

جدول (2) بعض الصفات الكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة

المادة العضوية gmkg ⁻¹	الايونات الذائبة (mmol/L)								درجة التفاعل PH	Ec Ds.m ⁻¹	عمق التربة (م)
	So ₄ ⁻²	Cl ⁻	Hco ₃	Co ₃ ⁻²	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²			
15.0	6.36	20.56	4.93	0.35	0.41	15.66	5.72	8.01	7.48	4.08	0.10-0
12.5	4.18	14.29	3.44	0.25	0.31	11.09	3.91	5.22	7.42	2.80	0.20-0.10
10.5	4.84	16.19	3.83	0.30	0.36	12.40	4.44	6.11	7.39	3.20	0.30-0.20

4.3 نصب ومعايرة منظومة الري بالتنقيط Installation and Calibration of the Drip Irrigation System

تم نصب منظومة الري بالتنقيط في الحقل المتكونة من مضخة المياه تعمل بالكاز منصوبة على نهر دجلة و منها يتم ملء حوض التجربة ابعاده 4×5×2م يحتوي الحوض على غطاس يعمل بمنظومة كهربائية وكذلك مسمدة ومقياس ضغط 1 بار، أنبوب رئيسي 2انج، الانبوب الرئيسي ممتد بمحاذاة الحقل من جهة المكرر الاول يحتوي الانبوب الرئيسي على 6 صمامات (كاكات) 1.5 انج هذه الصمامات تحتوي على مرتبط سرجي 2 انج عدد 6 الفائدة من المرتبط يربط الصمام (الكاك)، كل صمام يحتوي على انبوب شبه رئيسي ممتد بين معاملات المكرر الاول والثاني والثالث، يحتوي كل انبوب شبه رئيسي على 12 صمام (كاك) 1.5 انج لتقسيم الماء، تمتد انابيب فرعية 16 ملم من الانبوب شبه الرئيسي وكل انبوب فرعي يحتوي على 10 منقطات نوع توربو، وتوجد نهاية خط في نهاية كل انبوب فرعي ، وفي نهاية الانبوب السادس شبه الرئيسي يوجد مقياس بضغط 1بار، وتم حساب التصريف لكل منقط وكان معدل التصريف العام هو 2.4 لتر ساعة¹.

وبعد نصب ومعايرة منظومة الري بالتنقيط تم اجراء الحسابات الاتية:-

1.4.3 حساب تصريف المنقطات Calculation of Emitter Discharge

تم قياس تصريف المنقطات بوضع علب ذات حجم مناسب اسطوانية الشكل أسفل كل منقط عند مستوى سطح الارض لحساب حجم الماء المتجمع في كل علبه لمدة دقيقة وبضغط ثابت مقداره 100 كيلو باسكال وبعد ذلك تم جمع العلب من اسفل المنقطات وحساب حجم الماء المتجمع في كل علبه من خلال سلندر سعة 1 لتر بعدها تم تطبيق المعادلة الاتية (حاجم وياسين ، 1992).

$$q = v/t \dots\dots\dots(3)$$

q : تصريف المنقط .

v : حجم الماء في كل علبه (لتر).

t : زمن التشغيل (ساعة) .

2.4.3 حساب متوسط تصارييف المنقطات Discharge Calculation of the Average Emitter

متوسط التصريف هو معدل تصريف المياه للمنقطات خلال خط التنقيط ويحسب باستخدام المعادلة الاتية (اسماعيل ، 2002).

$$\bar{q} = \frac{q_1+q_2+q_3+\dots+q_n}{n} \dots\dots\dots(4)$$

\bar{q} : متوسط التصريف (لتر.ساعة⁻¹).

q_1 ، q_2 ، q_3 : تصريف المنقطات (لتر.ساعة⁻¹).

n : عدد المنقطات .

3.4.3 حساب المساحة المبتلة Calculation of the Wetted Area

حسبت النسبة المئوية للمساحة المبتلة لعدد من منقطات المنظومة قبل الزراعة وبتطبيق المعادلة الاتية (العمود ، 1997).

$$AW(\%) = \frac{SW}{SR} * 100 \dots\dots\dots(5)$$

AW : نسبة مساحة المنطقة المبتلة (%).

SW: قطر دائرة الابتلال (م).

SR: المسافة بين خطوط التنقيط (م).

4.4.3 حساب زمن الري Calculation of Irrigation Time

تم حساب زمن اللازم للري (دقيقة) من المعادلة الاتية (حاجم وياسين ، 1992).

$$t = \frac{Ae \times d}{Q} \dots\dots\dots(6)$$

t: زمن الري (ساعة).

Ae: مساحة الايتلال للمنقط m^2 .

d: عمق ماء الري (m).

Q: تصريف المنقط (m^3 /ساعة) واعتمد Q للمنقط (2.4 لتر/ساعة).

5.4.3 حساب مساحة الايتلال Calculation of the Wetted Area

$$Ae = 0.8 \times (SW)^2 \dots \dots \dots (7)$$

Ae = مساحة الايتلال للمنقط الواحد (m^2).

SW: عرض دائرة الايتلال.

6.4.3 حساب صافي عمق الارواء (Net Depth of Irrigation) (NDI)

حسب صافي عمق الارواء بالمليمتر عن طريق معادلة (الحديثي وآخرون، 2010).

$$NDI = WHC \times D \times Pd \times AW \times f_b \dots \dots \dots (8)$$

إذ إن:

D = عمق منطقة الجذور (م).

WHC = سعة أوقابلية التربة على مسك الماء (%) وهي تمثل الفرق بين رطوبة التربة الوزنية عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم .

f_b = الكثافة الظاهرية للتربة (ميكاجرام m^{-3}).

Pd = نسبة الاستنفاذ من الماء الجاهز (%).

Aw = نسبة المساحة المبتلة (%).

5.3 تصميم وتوزيع معاملات التجربة Experimental Design and Treatment Layout

استخدم تصميم التجربة العاملية split plot وفقا لتصميم القطاعات العشوائية RCBD، عدد الوحدات التجريبية $36 = 3 \times 3 \times 4$ وحدة تجريبية، ابعاد الوحدة التجريبية 3×3 م، بواقع اربعة مروز داخل كل وحدة تجريبية المسافة بين مرز واخر 0.75 م والمسافة بين نبات واخر 0.30 م،

زُرعت بذور فستق الحقل صنف محلي من محافظة ديالى بتاريخ 2024/4/26 ، تم الحصاد بتاريخ 2024/10/30 .

6.3 معاملات التجربة: تتضمن التجربة عاملين وكما يلي :

أ.العامل الاول : محسنات التربة ويتضمن المستويات الاتية :

A1 : الفحم الحيوي تم اضافة 127غم لكل جورة .

A2 : البتموس تم اضافة 127 غم لكل جورة.

A3 :البرلايت تم اضافة 127 غم لكل جورة.

A4 : بدون اضافة(معاملة المقارنة).

ب.العامل الثاني : مثبتات النتج يتضمن المستويات الاتية :

B1 : منقوع الباميا

B2 : مثبت نتج (اورسليك) بتركيز 1مول/لتر.

B3 : بدون اضافة (معاملة المقارنة).

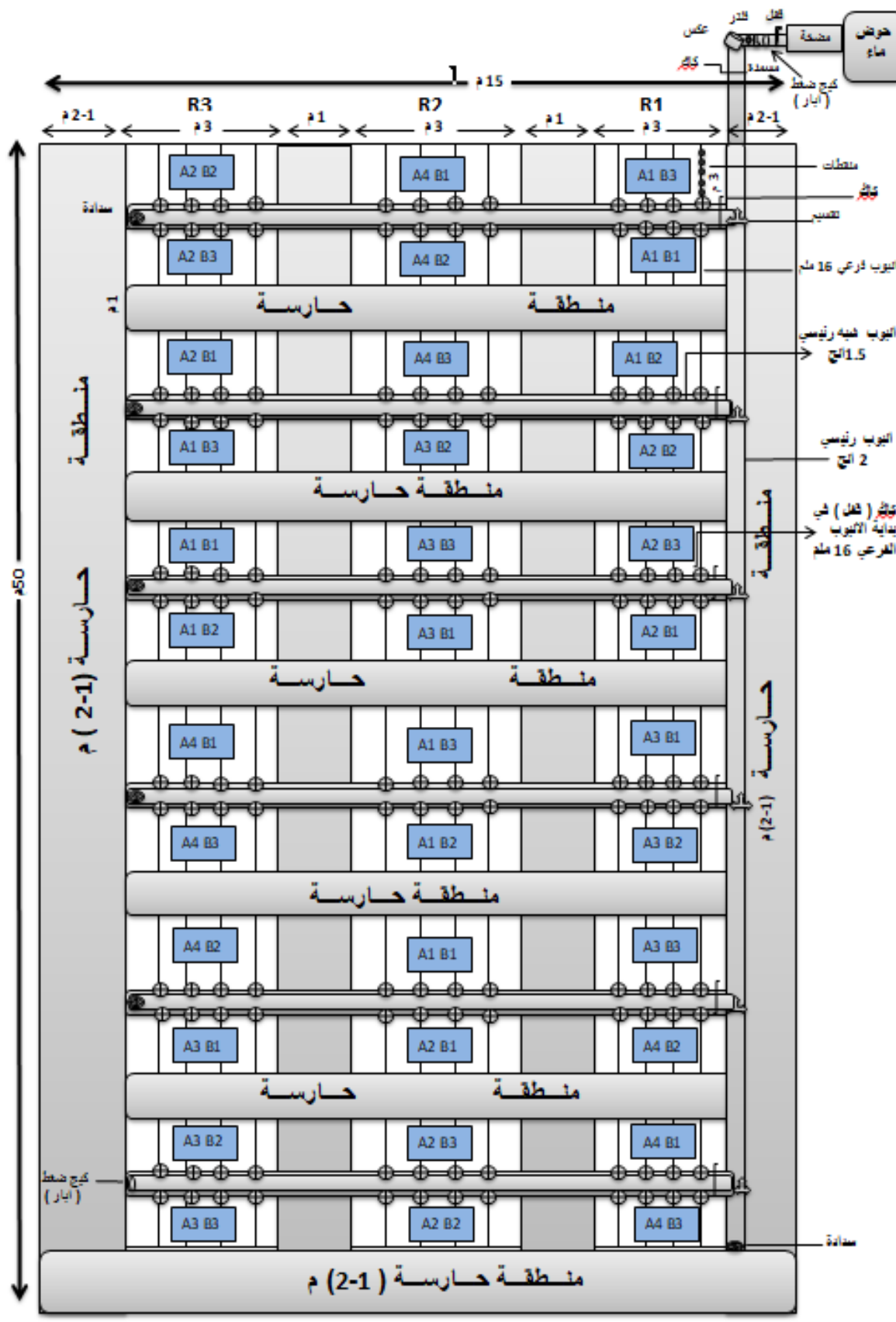
7.3 المخطط الحقلى للتجربة

يوضح الشكل (5) مخطط التجربة الحقلى و طريقة توزيع المعاملات تم تقسيم الحقل إلى الواح

تجريبية متجانسة، وخصص لكل لوح معاملة محددة حسب التصميم التجريبي المعتمد. نُظمت

الالواح بشكل منتظم مع توحيد المسافات وأبعاد الالواح ووضع علامات واضحة لحدودها، وذلك

لتقليل تأثير الحواف وضمان ظروف نمو متقاربة بين جميع الوحدات التجريبية.



شكل (5) مخطط التجربة الحلقي .

8.3 التسميد Fertilization

اضيفت الاسمدة النتروجينية والفوسفاتية والبوتاسية حسب التوصيات السمادية لمحصول فستق الحقل بكمية 80 كغم/هكتار يوريا يضاف على دفعتين،الدفعة الاولى بعد شهر من الزراعة والدفعة الثانية بعد شهر من الدفعة الاولى ويضاف سماد الداب بكمية 100كغم/هكتار عند الزراعة وتضاف كبريتات البوتاسيوم 120كغم/هكتار عند الزراعة (المالكي،2003).

9.3 محسنات التربة Soil Amendments

تمت اضافة المحسنات كل من الفحم الحيوي والبتمس والبرلايت 127غم لكل نبات مع اضافة الاسمدة عند الزراعة ، والبرلايت الزراعي منتج طبيعي من صخور بركانية معالجة بالحرارة بدون اي مواد مضافة منتج الماني المنشأ ويرمز له بالرمز (A3) تمت اضافته مع التربة عند الزراعة، يوضح جدول (1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للبرلايت، يوضح جدول (2 ، 3) الصفات الفيزيائية والكيميائية للبتمس والفحم الحيوي.

جدول (3) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للبرلايت

الاكاسيد	الرمز الكيميائي	النسبة المئوية
او كسيد السليكون	SiO ₂	70 – 75 %
او كسيد الالمنيوم	Al ₂ O ₃	10 – 15 %
او كسيد البوتاسيوم	K ₃ O	1 – 3 %
او كسيد الصوديوم	Na ₂ O	0.5 – 2 %
او كسيد الكالسيوم	CaO	0.5 – 2 %
او كسيد الحديد	Fe ₂ O ₃	2 – 5 %
او كسيد المغنيسيوم	MgO	0.5 – 2 %
ثاني او كسيد التيتانيوم	TiO ₂	0.72 – 0.75 %
المحتوى المائي	H ₂ O	3 – 5 %
الصفات	القيمة	الوحدة
اللون	ابيض	-
الكثافة	150 – 100	كغم .م ⁻³
الحجم الحبيبي	5-1	ملم
PH	7.5 – 6.5	-

جدول (4) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبتوموس المستخدم في التجربة

الصفات	وحدة القياس	القيمة
PH	-	6.0 – 5.0
المادة العضوية	%	80
النتروجين الكلي	ملغم.لتر ⁻¹	170
الفسفور الجاهز	ملغم.لتر ⁻¹	190
البوتاسيوم الجاهز	ملغم.لتر ⁻¹	215

جدول (5) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الحيوي المستخدم في التجربة

الصفة	الوحدة	القيمة
الكثافة الظاهرية	gm.cm ⁻³	0.43
الايصالية الكهربائية	ds.m ⁻¹	2.6
الكربون العضوي	gm.Kg ⁻¹	76.2
المادة العضوية	gm.kg ⁻¹	131.3
PH		8.4

10.3 مثبتات النتج Antitranspirants

استخدم منقوع الباميا و سليكات البوتاسيوم (اورسليك) ك مثبتات نتج ، إذ تمت اضافتها على ثلاث دفعات الاولى بتاريخ 2024 /5/20 والثانية 2024/7/1 والاضافة الثانية بتاريخ 2024/8/1، وان التركيب الكيميائي لمثبط النتج سليكات البوتاسيوم (اورسليك) او كسيد السليكون (SiO₂) واوكسيد البوتاسيوم (K₂O) ، الكثافة 1.45 غم/سم³، PH=10.5.

جدول (6) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لسليكات البوتاسيوم (اورسليك).

النسبة المئوية	الرمز الكيميائي	الأكاسيد
40.88%	SiO ₂	او كسيد السليكون
21.9%	K ₂ O	او كسيد البوتاسيوم
الوحدة	القيمة	الصفة
غم/سم ³	1.45	الكثافة
—	10.5	PH

11.3 الري Irrigation

تم ري التجربة بعد إنتهاء عملية الزراعة (ريتين) لجميع معاملات التجربة لحين البزوغ الحقلية وبعدها تم الري حسب مستوى الاستنزاف الرطوبي لمعاملات التجربة والذي يتم عند استنزاف 50% من الماء الجاهز ومن ثم تم الري بطريقة الري بالتنقيط السطحي بحسب الطريقة والمقنن المائي للتجربة.

12.3 حساب عمق ماء الري (d) Calculation of Irrigation Water Depth

يحسب عمق ماء الري وكمية ماء الري اعتماداً على نسبة الاستنزاف من الماء الجاهز المحسوب من الفرق بين المحتوى الرطوبي الحجمي θ عند السعة الحقلية والمحتوى الرطوبي الحجمي θ عند استنزاف 50% من الماء الجاهز وضرب الفرق بينها في عمق التربة (عمق حيز إنتشار المجموع الجذري الفعال).

وحسب المعادلة الآتية الواردة في (حاجم وياسين، 1992) :

$$d = (\theta f.c - \theta d50\%) D \dots\dots(9)$$

d : عمق ماء الري المضاف (سم).

$\theta f.c$: المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية سم³ / سم³ (بعد مرور 24 ساعة من الري).

$\theta d50\%$: المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة (عند استنزاف 50% من الماء الجاهز) سم³/سم³.

D: عمق التربة (عمق حيز انتشار المجموع الجذري الفعال) سم. وتم تغيير عمق المنطقة الجذرية D حسب تعمق المجموع الجذري للمحصول خلال مراحل نمو المحصول ومن خلال المشاهدات الحقلية.

جدول (7) المحتوى الرطوبي وصفات التربة المستخدمة في جدولة الري

القيمة	الوحدة	الخاصية
0.37	سم ³ سم ⁻³	Θ عند السعة الحقلية (0.3 بار)
0.178		Θ عند نقطة الذبول الدائم (15 بار)
0.192		الماء الجاهز
0.274		Θ بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز
0.266	سم ³ سم ⁻³	Pw عند السعة الحقلية
0.128		Pw بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز
1.39	ميكا غرام م ⁻³	معدل الكثافة الظاهرية للتربة (0-30سم)

13.3 التعشيب ومكافحة الادغال Weeding and Weed Control

استعملت المكافحة الكيميائية لغرض حماية النبات من الحشرات والقوارض وحمائته من الاصابة بالامراض، اذ استعمل مبيد (Dimethoate) بتركيز 100مل لكل 50 لتر في بداية الموسم كإجراء وقائي، كما اجري العزق اليدوي كلما دعت الحاجة للتخلص من الادغال خلال الموسم.

14.3 مؤشرات النمو الخضري Vegetative Growth Indicators

تم اخذ القراءات عند نضج 50% من القرنات كونه غير محدود النمو.

1- ارتفاع النبات(سم): تم قياس صفات نمو النبات لكل معاملات التجربة اذر تم اختيار 5 نباتات من كل وحدة تجريبية لجميع المكررات عند نضج 50% من القرنات

2- قطرالساق:- تم قياس قطر الساق الرئيسية عند منطقة الثلث الاول للساق اتصال الساق بالجذر (5 نباتات) من كل وحدة تجريبية بواسطة أداة القياس Vernier scale ثم حساب متوسطها .

3- عدد الأفرع (فرع نبات⁻¹): حسبت متوسطات عدد الافرع ل(5 نباتات) من كل وحدة تجريبية.

4-المساحة الورقية(سم²): حسبت المساحة الورقية (5 نباتات) من كل وحدة تجريبية بقياس أقصى طول وأقصى عرض للورقة ونستخرج المساحة المحسوبة للاشكال الشبه بيضوية من المعادلة الاتية حسب ماجاء في (Li وآخرون ، 2018).

$$A = \frac{L}{2} \times \frac{W}{2} \times \pi \dots\dots\dots(10)$$

A : المساحة المحسوبة(سم²).

L : طول الورقة(سم)

W: عرض الورقة(سم).

π : النسبة الثابتة 3.14

نحسب المساحة الفعلية بضرب المساحة المحسوبة ب 1.2 (معامل التصحيح) لنبات فستق الحقل بعدها نحسب المساحة الورقية بضرب المساحة الفعلية بعدد الاوراق.

$$A = \frac{L}{2} \times \frac{W}{2} \times \pi \times 1.2 \times (\text{عدد الاوراق}) \dots\dots\dots (11)$$

محتوى الاوراق من الكلوروفيل: قيس محتوى الأوراق (5 نباتات) من كل وحدة تجريبية في الصباح الباكر باستخدام جهاز التحليل الطيفي Spectrophotometer (Arnon ، 1949).

6-عمق الجذور (سم): تم حساب متوسط أعماق الجذور (5 نباتات) من كل وحدة تجريبية بأستعمال مسطرة القياس و استخراج متوسطها.

7- الوزن الطري للمجموع الخضري (كغم . نبات⁻¹): تم اخذ عدد معين من النباتات (5 نباتات) بصورة عشوائية من كل معاملة وسجل وزنها واستخرج المعدل.

8- الوزن الجاف (كغم. نبات⁻¹) :تم قياس وزن(5 نباتات) من كل وحدة تجريبية شملت السيقان والاوراق تم تجفيفها هوائيا في البداية ثم بالفرن على درجة حرارة 65م لمدة 48 ساعة (A. O. A.C، 1975).

9- حاصل القرنات (كغم دونم⁻¹): أخذ الحاصل الكلي من وزن الحاصل الكلي للقنات للوحدة التجريبية وتم تحويلها الى مساحة الهكتار.

$$(12) \dots\dots\dots = \frac{\text{حاصل الوحدة التجريبية} \times \text{مساحة الهكتار}}{\text{مساحة الوحدة التجريبية}} = \text{الحاصل الكلي}$$

15.3 الحصاد Harvesting

تم حصاد المحصول بتاريخ 2024/10/30 بعد اكتمال النضج عن طريق قطع النبات من منطقة اتصاله بسطح التربة (بعد ترطيب التربة بطريقة القلع اليدوي).

16.3 الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) Actual Water Use

تم حساب الاستهلاك المائي الفعلي ETa من معادلة الموازنة المائية الوارد في (Allen و آخرون، 1998).

$$I+P+Cg -(ETa+Dp+R)=\pm \Delta S \dots\dots (13)$$

I: عمق ماء الري المضاف (مم).

P: عمق ماء المطر (مم).

Cg: ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية (مم).

ETa: التبخر - نتح الفعلي (مم).

DP: عمق ماء الرش العميق (مم).

R: الجريان السطحي (مم).

$\pm \Delta S$: التغير في الخزين الرطوبي للتربة بين بداية ونهاية الموسم (مم).

وبافتراض أن :

R= صفر لأن الأرض مستوية ولا يوجد جريان سطحي .

DP= صفر إذ كانت ضائعات الرشح العميق صفرًا لأن الري يتم وفق قياسات الاستنزاف الرطوبي لمعاملات التجربة

Cg= صفر لأن منسوب الماء الأرضي بعيد عن سطح التربة.

$\pm \Delta S$ = صفر لأن المحتوى الرطوبي لمقد التربة قبل الزراعة وبعد انتهاء الموسم كان متساوياً تقريباً
اذ كان معدل المحتوى الرطوبي الوزني PW لتربة الحقل وللعمق من 0- 0.3 م هو 10.9 % قبل
الزراعة، في حين بلغ معدل المحتوى الرطوبي الوزني PW لنفس العمق المذكور بعد انتهاء موسم نمو
المحصول والحصاد 11.6 %.

لذلك ستكون المعادلة كالاتي :-

$$I+P=Eta.....(14)$$

17.3: الاستهلاك المائي المرجعي (ETo) Reference Evapotranspiration

تم استخدام معادلة حوض التبخر لتقدير التبخر- نتح المرجعي FAO الواردة في (Allen, وآخرون ، 1998).

$$ETo = EP \times KP.....(15)$$

ETo = تبخر - نتح المرجعي للمحصول (مم يوم⁻¹).

EP = التبخر من حوض التبخر (مم يوم⁻¹).

KP = معامل الحوض اعتمادا على جداول FAO (حسب الرطوبة النسبية وسرعة الرياح خلال موسم نمو المحصول).

18.3 معامل المحصول Crop Coefficient

يمثل معامل المحصول Kc النسبة بين الاستهلاك المائي الفعلي الى الاستهلاك المائي المرجعي ويحسب من المعادلة الواردة في (Allen وآخرون، 1998) وكما يلي :

$$Kc = ETa / ETo \dots\dots\dots(16)$$

أذ ان :

Kc :معامل المحصول (بدون وحدات).

ETa : الاستهلاك المائي الفعلي (مم).

ETo : الاستهلاك المائي المرجعي (مم).

19.3 حساب كفاءة استعمال الماء Calculation of Water Use Efficiency

$$WUE = \frac{\text{كمية الحاصل الكلي (Y)}}{\text{ماء الري المستخدم (IW)}} \dots\dots\dots(17)$$

(Y) الحاصل الكلي : (كغم هكتار⁻¹).

(IW) حجم ماء الري المستخدم : (م³ هكتار⁻¹).

20.3 التحليل الاحصائي Statistical Analysis

تم اجراء التحليل الاحصائي للصفات المدروسة و مقارنة المتوسطات باستخدام برنامج Genstate باستخدام اختبار اقل فرق معنوي D . S . L عند مستوى احتمال 0.05 وحسب عوامل التجربة (الساهوري و وهيب ، 1990) ، إذ حلت مؤشرات نمو المحصول وفقا للتصميم المستخدم .

4. النتائج والمناقشة Results and Discussion

1.4 الاستهلاك المائي الفعلي ETa لمحصول فستق الحقل.

أظهرت نتائج جدول (8) أن محسنات التربة كان لها تأثير واضح على خفض الاستهلاك المائي لمحصول فستق الحقل خلال مراحل النمو الأربعة، إذ تفوقت معاملة إضافة (الفحم الحيوي) على باقي المحسنات، إذ أدت إلى أقل استهلاك مائي خلال معظم مراحل النمو مقارنةً بالبيتموس والبيرلايت والمعاملة بدون محسن، في مرحلة النمو الثالثة (مرحلة الإزهار وتكوين القرون)، انخفض استهلاك الماء في المعاملة المضاف إليها الفحم الحيوي بنسبة تقارب 15% مقارنةً بالمعاملة غير المضاف إليها محسن تربة، يُعزى ذلك إلى الخصائص الفيزيائية للفحم الحيوي، حيث يمتاز بمسامية عالية وقدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة، مما يُطيل بقاء الماء في منطقة الجذور ويُقلل الفاقد بالرشح والجفاف، تتفق هذه النتائج مع ما وجدته (Lehmann وآخرون، 2009) حيث أشاروا إلى أن إضافة الفحم الحيوي يمكن أن توفر حتى 50% من مياه الري بفضل تحسينه لقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، كذلك تدعم هذه النتيجة ما توصل إليه (Han وآخرون، 2023) من زيادة كفاءة استعمال المياه بنحو 14% في المحاصيل عند إضافة الفحم الحيوي للتربة، هذا ما يتماشى مع اتجاهات حديثة في تحسين كفاءة الري. أما إضافة البيتموس فقد حلت في المرتبة الثانية من حيث تقليل الاستهلاك المائي، أظهرت المعاملة المضاف إليها البيتموس انخفاضًا معنويًا في كميات المياه المستهلكة مقارنةً بالمعاملة (بدون محسن)، حيث كان الانخفاض أقل وقد لوحظ الانخفاض ما يقارب 10% في الاستهلاك المائي الكلي مع البيتموس قياسًا بالمعاملة بدون محسن، يعود ذلك إلى القدرة العالية المعروفة للبيتموس على احتجاز المياه، إذ يمكن للبيتموس امتصاص كميات ماء تصل إلى أضعاف وزنه الجاف، مما يحسن رطوبة التربة لفترات أطول، وتتفق هذه النتيجة مع ما ذكره (Abdelrahman وآخرون، 2020)، بأن البيتموس يساعد على إبقاء التربة رطبة وتقليل تكرار الري المطلوب وكذلك تتفق مع ما أشار إليه (Pradhan وآخرون، 2022)، حول دور المواد العضوية في تعزيز المحتوى المائي المتاح للتربة. أما بالنسبة إلى إضافة البيرلايت، فقد كان تأثيرها أقل وضوحًا في خفض الاستهلاك المائي مقارنةً بالفحم والبيتموس ورغم تسجيل انخفاض طفيف (حوالي 5% أو أقل) في كميات المياه المستهلكة مع البيرلايت مقارنةً بالمعاملة غير المضاف إليها محسن تربة، إلا أن هذا الانخفاض لم يكن كبيرًا من الناحية الإحصائية في بعض مراحل النمو، يُمكن تفسير ذلك بأن البيرلايت يُحسن تهوية التربة وتصريفها أكثر من احتفاظه بالماء، بالرغم من قدرته على الاحتفاظ بنسبة من الرطوبة في مساماته إلا أن سعته المائية محدودة نسبيًا (يحتفظ بحوالي 20-50% من حجمه ماءً فقط تبعًا لحجم الجزيئات)، وهو ما يتوافق مع ما ذكره (Adams، 2016) بأن دور البيرلايت الرئيسي هو تحسين بنية التربة وتصريف المياه الزائدة

وليس بالضرورة زيادة كبيرة في قدرة التربة على تخزين الماء. بناءً على ذلك، جاءت معاملة البيرولايت أقرب إلى معاملة (بدون محسن) من حيث كميات المياه المستهلكة، مما يؤكد أن فعاليته كمحسن في تقليل الاستهلاك المائي محدودة بالمقارنة مع المحسنات العضوية كالفحم والبيتموس. وتتفق هذه الملاحظة مع ما وجدته (Khaled وآخرون، 2019) من أن المواد العضوية توفر احتفاظًا أعلى بالرطوبة مقارنةً بالمواد المعدنية الخاملة. أما تأثير مثبطات التبخر-النتح على الاستهلاك المائي إلى جانب محسنات التربة، كان لاستخدام المثبطات (مستخلص منقوع الباميا وسليكات البوتاسيوم الأورسليك) دورٌ مهم في تقليل الاستهلاك المائي لمحصول فستق الحقل، إذ أشارت النتائج إلى انخفاض واضح في كميات الماء المستهلكة عند استخدام أي من المثبطين مقارنةً بمعاملة عدم استخدام مثبط، وقد سجلت معاملة منقوع الباميا أدنى معدلات للاستهلاك المائي عبر معظم مراحل النمو، تلتها معاملة الأورسليك، وكلاهما تفوقا معنويًا على المعاملة بدون مثبط، أدى رش مستخلص منقوع الباميا إلى خفض الاستهلاك المائي الكلي خلال الموسم بحوالي 10% مقارنةً بالنباتات غير المعاملة بمثبط، بينما أدى استخدام مثبط نتح الأورسليك إلى خفضه بحوالي 8% بالمقارنة ذاتها، تتفق هذه النتائج مع ما وجدته (Kotadiya وآخرون، 2021) في دراستهم على محصول فستق الحقل، حيث أشاروا إلى أن استخدام مضادات النتح الورقية (مثل الكاؤولين) خفّض فقد الماء بالتبخر-النتح ومن ثم قلل الاستهلاك المائي للنبات، وهو ما يتماشى مع نتائجنا لمستخلص الباميا كعامل طبيعي مشابه في تكوين طبقة تحمي السطح الورقي، وتدعم هذه النتيجة ما وجدته (Sharma وآخرون، 2020)، أن مستخلص الباميا غني بالمواد اللزجة متعددة السكريات التي تعمل عند رشها على الأوراق كطبقة غروية شبه شفافة تقلل تبخر الماء من الثغور وتحد من فقد الرطوبة. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Pradhan وآخرون، 2022) إلى أن البوليمرات النباتية الطبيعية (مثل Mucilage الباميا) يمكن أن تعمل كـ "Hydrogel" طبيعي يزيد احتفاظ السطح الورقي بالماء، مما يدعم بقاء النبات مدة أطول دون عطش، وتتفق هذه الآلية مع ما ذكره (Wang وآخرون، 2019) بأن استخدام الهيدروجل الحيوي في التربة حسن كفاءة استعمال المياه وعزز تحمل النبات للجفاف. أما مثبط نتح سليكات البوتاسيوم (المسمى تجاريًا أورسليك) فقد أثبتت فعاليته كذلك في تقليل الاستهلاك المائي وإن كانت فعاليته أقل بقليل من مستخلص الباميا في التجربة. حمض الأورسوليك هو مركب طبيعي يصنّف ضمن الترايترينويدات الشمعية، ويوجد بشكل طبيعي في الشمع الجلدي لأسطح أوراق العديد من النباتات. عند استخدامه كمثبط، يتكوّن طبقة شمعية رقيقة على أسطح الأوراق أو حفز آليات دفاعية تقلل فقد الماء، وهو ما يتماشى مع ما ذكره (Zhang وآخرون، 2022)، من ارتباط زيادة نسبة الأورسوليك في شمع أوراق العنب بانخفاض معدل النتح الثغري. كما يدعم ذلك ما توصل إليه (Li وآخرون، 2023) حديثًا حول فاعلية بعض المستخلصات النباتية الشمعية في خفض فقد الماء

وتحسين كفاءة استعماله في المحاصيل الحقلية. وعلى غرار مثبط الباميا، ساهم حمض الأورسليك في إبقاء التربة المحيطة بالنبات أكثر رطوبة لفترات أطول نتيجة تقليل سرعة استهلاك النبات للمياه، الأمر الذي انعكس إيجاباً على كفاءة استخدام الماء. وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته (Abdullah وآخرون، 2015) من أن المواد المضادة للنتح ترفع كفاءة استعمال المياه عبر خفض الفاقد بالتبخر-النتح دون تأثير سلبي كبير على عملية التمثيل الضوئي. أما التداخل الحاصل بين المحسنات والمثبطات خلال مراحل النمو الأربعة لمحصول فستق الحقل، يتضح أن أفضل النتائج تحققت عند التداخل بين معاملة محسنة للتربة ومعاملة مثبطة للنتح، فقد سجلت المعاملات المتداخلة (معاملة الفحم مع منقوع الباميا، أو الفحم مع الأورسليك) أقل استهلاك مائي على الإطلاق خلال الموسم التجريبي، تفوقت (معاملة الفحم و منقوع الباميا) كأفضل المعاملات، حيث حققت انخفاضاً كلياً في الاستهلاك المائي بلغ نحو 20-25% مقارنةً بمعاملة المقارنة، وهذا الانخفاض الكمي الملحوظ يؤكد وجود تأثير تراكمي إيجابي عند تكامل تقنيات تحسين رطوبة التربة وتقليل نتح النبات في آنٍ واحد، وقد كانت الفروق بين المعاملات أكثر وضوحاً في مراحل النمو الحرجة ذات الاحتياج المائي الأعلى – لا سيما مرحلة النضج والحصاد – بسبب طول المدة الزمنية لهذه المرحلة حيث بلغ الفارق في الاستهلاك المائي بين أفضل معاملة (الفحم ومنقوع الباميا) ومعاملة المقارنة ذروته (استهلاك حوالي 165.6 مم في المعاملة المتفوقة مقابل 354 مم في تلك المرحلة)، في المقابل كانت الفروق أقل نسبياً في المراحل الأولى من النمو. وهذه الملاحظة تتفق مع المفهوم العام بأن فعالية تقنيات توفير المياه تكون أوضح تحت ظروف الطلب المرتفع على الماء، وهو ما أشار إليه (Pradhan وآخرون، 2022) بأن تأثير منقوع الباميا يكون أكبر في فترات الجفاف أو ارتفاع حاجة النبات للماء، وتتفق هذه النتائج الإجمالية مع ما توصلت إليه أبحاث حديثة حول إدارة مياه الري، فقد أشار (Li وآخرون، 2023) إلى أن تطبيق ممارسات زراعية متكاملة – تشمل تحسين خواص التربة وتقليل فقد الماء من النبات – يؤدي إلى رفع كفاءة استعمال المياه وزيادة الإنتاجية في المحاصيل الحقلية تحت ظروف نقص المياه. كما تتفق هذه النتائج مع ما وجدته (Liu وآخرون، 2022) بأن الجمع بين مواد محسنة لرطوبة التربة ومواد مثبطة للتبخر يمكن أن يُخفض الاستهلاك المائي للمحاصيل مع الحفاظ على نموها، مما يدعم استدامة الإنتاج الزراعي في المناطق الجافة، وتدعم هذه النتائج ما توصلت إليه الدراسات المعاصرة حول أهمية تبني نهج متكامل لإدارة مياه الري، يجمع بين تحسين خزن الماء في التربة وتقليل فاقد المياه من النبات، بهدف تحقيق أعلى كفاءة ممكنة في استعمال المياه الزراعية دون التأثير السلبي على المحصول. وبذلك، فإن نتائج هذه الدراسة تُعدّ متماشية مع الاتجاهات العلمية الحديثة في الزراعة المائية وترشيد استعمال الموارد المائية، وهي تتفق مع ما وجدته (Pradhan وآخرون، 2022، Xie وآخرون، 2021) أن مثل هذه المعاملات المتداخلة يمكن أن تحقق وفرة ملموسة في مياه الري فضلاً عن تحسين تحمل النبات للإجهاد المائي. يتبين أن

استخدام محسنات التربة العضوية (كالفحم الحيوي والبيتموس) أسهم في تقليل استنزاف المياه عبر زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، كما أن استعمال مثبتات التبخر الطبيعية والكيميائية (كمستخلص الباميا وحمض الأورسوليك) حدّ من فقد الماء عبر الأوراق. وعليه فإن اعتماد مثل هذه التقنيات المزدوجة في حقول فستق الحقل والمحاصيل المشابهة يمكن أن يكون إستراتيجية واعدة للتكيف مع شح الموارد المائية وتحقيق إنتاجية مستقرة تحت ظروف الإجهاد المائي.

جدول(8)الاستهلاك المائي الفعلي وعدد الريات واعماق ماء الري لمحصول فسنتق الحقل خلال مراحل نمو المحصول.

المجموع		مرحلة النضج والحصاد 25تموز-15تشرين الاول عمق 30سم					مرحلة التزهير وتكوين القرينات 4حزيران-24تموز عمق 20سم				مرحلة النمو الخضري 5 ايار-3حزيران عمق 10سم					مرحلة الانبات 27نيسان-4 ايار					المعاملات
		عدد الريات	عمق ماء الري الكلي (مم) Eta	عمق ماء الريه الواحدة(مم)	عدد الريات	عدد الريات	عدد الريات	عمق ماء الري الكلي (مم) Eta	عمق ماء الريه الواحدة (مم)	عدد الريات	عدد الريات	عمق ماء المطر (مم)	عمق ماء الري الكلي (مم)	عمق ماء الريه الواحدة(مم)	عدد الريات	عدد الريات	عمق ماء المطر (مم) Eta	عمق ماء الري الكلي (مم)	عمق ماء الريه الواحدة(مم)	عدد الريات	
353.6	24	165.6	165.6	20.7	8	113.6	113.6	14.2	8	45.8	6.2	39.6	6.6	6	28.6	20	8.6	4.3	2	فحم حيوي+منقوع الباميا	
394.5	25	197.1	197.1	21.9	9	120	120	15	8	48.8	6.2	42.6	7.1	6	28.6	20	8.6	4.3	2	فحم حيوي+اورسليك	
459.6	28	234	234	23.4	10	140.4	140.4	15.6	9	56.6	6.2	50.4	7.2	7	28.6	20	8.6	4.3	2	فحم حيوي +بدون مثبت	
452.5	26	207.9	207.9	23.1	9	158.4	158.4	17.6	9	56.6	6.2	50.4	8.4	6	29.6	20	9.6	4.8	2	بيتموس+منقوع الباميا	
504.6	27	248.4	248.4	27.6	9	160.2	160.2	17.8	9	66.4	6.2	60.2	8.6	7	29.6	20	9.6	4.8	2	بيتموس+اورسليك	
559.1	29	279	279	27.9	10	182	182	18.2	10	68.5	6.2	62.3	8.9	7	29.6	20	9.6	4.8	2	بيتموس+بدون مثبت	
547.9	27	267.3	267.3	29.7	9	179.1	179.1	19.9	9	71.3	6.2	65.1	9.3	7	30.2	20	10.2	5.1	2	بيرلايت+منقوع الباميا	
589.6	28	297	297	29.7	10	189	189	21	9	73.4	6.2	67.2	9.6	7	30.2	20	10.2	5.1	2	بيرلايت+اورسليك	
630.6	30	303	303	30.3	10	212	212	21.2	10	85.4	6.2	79.2	9.9	8	30.2	20	10.2	5.1	2	بيرلايت+بدون مثبت	
598.2	27	305.1	305.1	33.9	9	185.4	185.4	20.6	9	76.9	6.2	70.7	10.1	7	30.8	20	10.8	5.4	2	بدون محسن+منقوع الباميا	
667.1	29	342	342	34.2	10	216	216	21.6	10	78.3	6.2	72.1	10.3	7	30.8	20	10.8	5.4	2	بدون محسن +اورسليك	
712.6	31	354	354	35.4	10	237.6	237.6	21.6	11	90.2	6.2	84	10.5	8	30.8	20	10.8	5.4	2	بدون محسن +بدون مثبت	

2.4 الاستهلاك المائي الفعلي ETa والاستهلاك المائي المرجعي ETo ومعامل المحصول Kc.

تظهر النتائج المستخلصة من جدول (9) أثر المعاملات الزراعية المختلفة (باستخدام الفحم الحيوي، البيتموس، البيرلايت، ومعاملة بدون محسن) مصاحبة لمثبطات حيوية (منقوع الباميا، أورسليك، بدون مثبط) على الاستهلاك الفعلي للمياه (ETa)، التبخر-النتح المرجعي (ETo)، ومعامل المحصول (Kc) أثناء مراحل النمو الأربعة (الإنبات، النمو الخضري، التزهير وتكوين القرنات، ثم النضج والحصاد). وقد أظهرت البيانات تبايناً واضحاً في الأداء المائي بين المعاملات المدروسة، مما يعكس أهمية المحسنات العضوية والمحفزات الحيوية في تحسين كفاءة استعمال المياه من قبل المحاصيل الحقلية.

في مرحلة الإنبات، لوحظ تقارب كبير في قيم الاستهلاك المائي الفعلي بين جميع المعاملات، حيث تراوح معدل ETa بين (28.6–30.8 مم) في حين كان معدل ETo ثابت (42.9 مم)، مما يدل على أن الاختلاف في نوع المحسن أو المحفز لم يكن له تأثير كبير من هذه المرحلة التي تتميز ببطء النشاط الفسيولوجي للنبات وضعف المساحة الورقية، وقد تراوحت قيم Kc من هذه المرحلة بين (0.25–0.50)، وهي قيم منطقية ومتوافقة مع ما ورد في الدليل العالمي لمعاملات المحصول (FAO 56) والذي يشير إلى أن القيم النموذجية لمعامل المحصول في المراحل المبكرة للخضروات تكون منخفضة نظراً لضعف التغطية النباتية وسطح التبخر المحدود، تدعم هذه النتائج ما توصلت إليه دراسة (2020) González-Piqueras التي أوضحت أن المراحل الابتدائية لمحاصيل الخضار في البيئات المحمية أو المكشوفة لا تتطلب كميات كبيرة من المياه وأن أثر المحسنات يكون طفيفاً في هذه المرحلة.

أما في مرحلة النمو الخضري، فقد بدأت الفروقات في الأداء المائي تظهر بوضوح، إذ ارتفعت قيم ETa بشكل ملحوظ نتيجة لزيادة نمو الأوراق، وسُجل أقل معدل استهلاك مائي عند معاملة الفحم الحيوي و منقوع الباميا (45.8 مم)، بينما سُجل أعلى معدل استهلاك عند المعاملة بدون محسن و بدون مثبط (90.2 مم)، وتدل هذه النتائج على الدور الفعال للفحم الحيوي في تقليل فقد الماء من التربة، وذلك عن طريق تحسين الخواص الفيزيائية للتربة، وزيادة سعتها التخزينية، وهذه النتيجة تتوافق مع دراسة Singh (2022) والتي بيّنت أن الفحم الحيوي يرفع قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة ويقلل من التبخر السطحي. كما أن منقوع الباميا كمثبط حيوي يساهم في تحسين الامتصاص المائي للنبات عن طريق تحفيز نشاط الإنزيمات الجذرية، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه (González-Piqueras وآخرون، 2020)، في تجاربه على محاصيل الخيار والفلفل، ونتيجة لذلك، فإن قيم Kc للمعاملات التي

تحتوي على الفحم الحيوي ومنقوع الباميا كانت الأدنى (0.27–0.31)، مما يشير إلى كفاءة أعلى في استخدام المياه. في مرحلة التزهير وتكوين القرنات، وهي المرحلة الأهم من الناحية الإنتاجية

والفسيولوجية، أظهرت النتائج أن الاستهلاك المائي ارتفع بدرجة كبيرة لجميع المعاملات، إذ تراوحت معدلات ETa بين (113.6–237.6 مم)، وأظهرت معاملة الفحم الحيوي و منقوع الباميا تقوفاً واضحاً من حيث تقليل الاستهلاك المائي، في حين سجلت المعاملات التي تفتقر إلى المحسنات والمثبطات أعلى قيم للاستهلاك المائي، وبلغ معامل المحصول Kc أعلى مستوياته في معاملة "بدون محسن و بدون مثبط" (1.18)، وهو ما يشير إلى استهلاك مفرط للماء مقارنة بمعدل التبخر-النتح المرجعي وتدل هذه القيم على ضعف الكفاءة المائية في غياب المحسنات والمثبطات وتليها معاملة البيتموس ثم البيرلايت . وقد أكدت هذه النتائج دراسة (Abdelrahman وآخرون، 2020) ، أن استخدام وسائط زراعة مثل البيرلايت أو التربة غير المحسنة يؤدي إلى زيادة الاستهلاك المائي بسبب انخفاض قدرة هذه المواد على الحفاظ على الرطوبة، في حين أن المعاملات التي تحتوي على الفحم الحيوي والبيتموس أظهرت أداءً أفضل في خفض الاستهلاك دون التأثير على الإنتاجية. ومن الجدير بالذكر أن هذه المرحلة غالباً ما تتطلب كميات أكبر من المياه بسبب النشاط الفسيولوجي للمحصول ، إلا أن المعاملات الحيوية ساهمت في ضبط هذا الاستهلاك وتحسين فعالية استخدامه.

في مرحلة النضج والحصاد، بلغت قيم ETa ذروتها في جميع المعاملات بسبب طول المدة الزمنية لهذه المرحلة والبالغة 83 يوم، حيث سجلت المعاملة "بدون محسن و بدون مثبط" أعلى معدل استهلاك (354 مم)، في حين سُجلت أقل معدل (165.6 مم) في معاملة "فحم حيوي + منقوع الباميا"، مما يعزز ما تم ذكره سابقاً حول كفاءة هذه المعاملة في تقليل الفاقد المائي. تراوحت معدلات Kc بين (0.38–0.81)، مما يعكس تفاوتاً كبيراً في كفاءة المعاملات. وهذا يتفق مع دراسة Singh (2022) حيث أظهرت أن الفحم الحيوي يؤدي إلى تقليل استخدام المياه الكلي بنسبة تصل إلى 30% خلال مراحل النمو الأخيرة، مقارنة بالتربة غير المحسنة. كما تتفق هذه النتائج مع ما أشار (Mahesh وآخرون، 2019) ، إلى أن إضافة مستخلصات نباتية مثل منقوع الباميا يساهم في تحسين امتصاص العناصر الكبرى مثل البوتاسيوم والكالسيوم، مما يؤدي إلى تحسين كفاءة المياه خلال مرحلة تكوين الثمار والنضج.

وبمقارنة المعاملات جميعها، يمكن القول إن معاملة (الفحم الحيوي و منقوع الباميا) تفوقت في تقليل الاستهلاك المائي وتحقيق أعلى كفاءة مائية وأدنى (Kc) في جميع المراحل النمو، بينما كانت معاملة "بدون محسن و بدون مثبط" هي الأقل أداءً من حيث ارتفاع الاستهلاك وانخفاض كفاءة استعمال المياه،

ويعزز ذلك ما جاء في دراسات متعددة أكدت فعالية المحسنات العضوية والمحفزات الحيوية في ترشيد استخدام الموارد المائية، مثل ما ورد في أبحاث (Mahesh وآخرون، 2019) و (Singh، 2022)،

جدول (9) الاستهلاك المائي الفعلي ETa والاستهلاك المائي المرجعي ETo ومعامل المحصول Kc.

مرحلة النضج والحصاد			مرحلة التزهير وتكوين القنات			مرحلة النمو الخضري			مرحلة الانبات		المعاملات
KC	ETo Mm	ETa Mm	KC	ETo mm	ETa mm	KC	ETo mm	ETa mm	ETo mm	ETa mm	
0.38	434.6	165.6	0.57	200.9	113.6	0.25	180	45.8	42.9	28.6	فحم حيوي و منقوع الباميا
0.45	434.6	197.1	0.60	200.9	120	0.27	180	48.8	42.9	28.6	فحم حيوي و اورسليك
0.54	434.6	234	0.70	200.9	140.4	0.31	180	56.6	42.9	28.6	فحم حيوي وبدون مثبت
0.48	434.6	207.9	0.79	200.9	158.4	0.31	180	56.6	42.9	29.6	بتموس ومنقوع الباميا
0.57	434.6	248.4	0.80	200.9	160.2	0.36	180	66.4	42.9	29.6	بتموس واورسليك
0.64	434.6	279	0.91	200.9	182	0.38	180	68.5	42.9	29.6	بتموس وبدون محسن
0.61	434.6	267.3	0.89	200.9	179.1	0.39	180	71.3	42.9	30.2	برلايت ومنقوع الباميا
0.68	434.6	297	0.94	200.9	189	0.40	180	73.4	42.9	30.2	برلايت و اورسليك
0.69	434.6	303	1.05	200.9	212	0.47	180	85.4	42.9	30.2	برلايت و بدون مثبت
0.70	434.6	305.1	0.92	200.9	185.4	0.42	180	76.9	42.9	30.8	بدون محسن ومنقوع الباميا
0.78	434.6	342	1.07	200.9	216	0.44	180	78.3	42.9	30.8	بدون محسن واورسليك
0.81	434.6	354	1.18	200.9	237.6	0.50	180	90.2	42.9	30.8	بدون محسن و بدون مثبت

3.4 مؤشرات النمو والحاصل .

1.3.4 ارتفاع النبات (سم).

يتضح من الجدول(10) أن معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا سجلت أعلى ارتفاع للنبات بمعدل (34.17 سم)، تليها المعاملة مع سليكات البوتاسيوم (31.73 سم)، ثم بدون إضافة (29.87 سم)، ليكون المتوسط العام للفحم الحيوي هو الأعلى بين جميع المحسنات (31.92 سم). تشير هذه القيم إلى فعالية استخدام الفحم الحيوي كمحسن عضوي في تحسين خصائص التربة الفيزيائية والبيولوجية، مما يوفر بيئة نمو مثالية تدعم النمو الخضري للنبات، وخاصة تحت ظروف الجفاف أو الإجهاد المائي، دعمت دراسة Ydava و Meena (2022) هذه النتائج، حيث بينت أن استخدام الفحم الحيوي في زراعة الباميا أدى إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات مقارنة بالمعاملات غير المعالجة، نتيجة تحسين سعة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة وتعزيز امتصاص العناصر الغذائية مما وفر بيئة نمو مثالية خاصة تحت ظروف الاجهاد المائي.

أما معاملة البيتموس فقد جاءت في المرتبة الثانية من حيث المعدل العام (30.22 سم)، مع تفوق واضح عند استخدامه مع منقوع الباميا (32.33 سم) مقارنة بالمعاملتين الأخرين، يُعزى هذا الأداء الجيد إلى قدرة البيتموس على تحسين تهوية التربة والحفاظ على محتوى رطوبي معتدل، أكدت هذه النتائج دراسة Muhammad و Sani (2022) التي اوضحت ان البيتموس ساهم في زيادة ارتفاع نبات اللوبيا، نتيجة تحسين خواص التربة الفيزيائية وتوفير بية نمو مثالية للنبات اللوبيا.

أما البيرلايت ورغم كونه من المحسنات غير العضوية، فقد حقق متوسطاً جيداً (30.67 سم)، لاسيما عند استخدامه مع منقوع الباميا (28.67 سم) وسليكات البوتاسيوم (31.33 سم). ومع أن أدائه أقل مقارنة بالفحم الحيوي، إلا أن نتائج البيرلايت كانت متقاربة، مما يدل على أنه يُحسن بنية التربة ويوفر تصريفًا جيدًا للماء، وهو ما يساعد على تقليل ظروف الإجهاد المائي التي تؤثر على النمو الطولي للنبات، يتفق مع ما أشار إليه Ahmed و Hassan (2021) في دراستهما على محصول فول الصويا، حيث اوضحا ان استخدام البيرلايت كوسط نمو ادى الى زيادة واضحة في ارتفاع النبات، نتيجة تحسين التهوية وتصريف الماء وتوفير بيئة جذرية مثالية.

أما معاملة "بدون محسن" فسجلت أقل معدل لارتفاع النبات (26.67 سم)، وبصورة خاصة في حالة عدم إضافة أي مثبط (21.00 سم)، مما يدل على أهمية استخدام المحسنات العضوية والبيئية في دعم النمو الخضري للنباتات، إذ أن غياب المحسنات يؤدي إلى تدهور في خصائص التربة المائية والهوائية،

ومن ثم ضعف في امتصاص العناصر وتقليل فعالية البناء الضوئي، وهذه النتائج تتفق مع دراسة Sankhla و Rathore (2022) التي أوضحت أن اقل اداء خضري لنبات البازلاء في المعاملة (بدون محسن و بدون مثبت) مقارنة بجميع المعاملات ،مما يبرز اهمية استخدام المحسنات العضوية والمثبطات الحيوية في تحسين الاستجابة الفسيولوجية والنمو الطولي للنباتات البقولية.

من جانب آخر، وبالنظر إلى تأثير مثبطات النتح، يتضح أن معاملة منقوع الباميا كانت الأعلى من حيث المعدل العام (30.88 سم)، تليها معاملة سليكات البوتاسيوم (30.68 سم)، ثم المعاملة بدون مثبت (28.05 سم)، توضح هذه النتائج الدور الحيوي لمثبطات النتح في تقليل فقد الماء عبر الثغور، مما يُحسن الحالة المائية للنبات ويزيد من نموه الخضري، هذه النتيجة تتفق مع دراسة Kumar و Rani (2022) التي اظهرت أن الرش الورقي بمستخلصات نباتية مثل مستخلص النيم ،وسليكات البوتاسيوم ، ادى الى تحسين النمو الطولي في نبات اللوبيا *Vigna unguiculata L.* نتيجة تقليل فقد الماء عبر الثغور واحتواء المستخلصات على مركبات فينولية تعمل كمحفزات لنشاط الانزيمات وامتصاص العناصر الغذائية.

وبالاستناد إلى هذه النتائج، يمكن القول إن معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا تفوقت بوضوح في تعزيز صفة ارتفاع النبات، مما يشير إلى أهمية الدمج بين المحسنات العضوية الحيوية والمثبطات الطبيعية في رفع الكفاءة الفسيولوجية للنباتات البقولية في الحقل. كما أن هذه المعاملات يمكن أن تُعتمد كأحد حلول الزراعة المستدامة تحت ظروف الإجهاد المائي وندرة الموارد، وهي توصية انسجمت مع ما جاء في الدراسات الحديثة التي دعت إلى الابتعاد عن الأسمدة والمحفزات الكيميائية واعتماد التقنيات الحيوية الآمنة.

جدول (10) تأثير معاملات الدراسة على ارتفاع النبات (سم).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
31.92	29.87	31.73	34.17	فحم حيوي
30.22	29.33	29.00	32.33	بتموس
30.67	32.00	31.33	28.67	برلايت
26.67	21.00	30.67	28.33	بدون اضافة
4.25	LSD 0.05	4.67		LSD 0.05
	28.05	30.68	30.88	متوسط المثبطات
		1.66		LSD 0.05

2.3.4 قطر الساق (مم).

اتضح من تحليل نتائج الجدول (11) أن أعلى متوسط لقطر الساق سُجلت في معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا، حيث بلغ المتوسط (12.02 مم)، تليها نفس المعاملة مع سليكات البوتاسيوم (11.07 مم)، ثم بدون مثبط (9.63 مم)، لُيسجل الفحم الحيوي كأعلى متوسط بين المحسنات المستخدمة (10.91 مم). تعكس هذه النتائج بوضوح التأثير الإيجابي للفحم الحيوي في تعزيز الخصائص الهيكلية للنبات، لاسيما صفة قطر الساق التي تُعد مؤشراً أساسياً على القوة التركيبية ودعامة النبات، وهذا يتفق مع ما أوضحت دراسة (Muyanda، 2022) أن استخدام الفحم الحيوي كمحسن عضوي أدى إلى تحفيز تطور الأنسجة الخشبية وتقوية الجدران الخلوية في سيقان مشاتل الخضار، لا سيما على شتلات الفاصوليا والطماطة، أدى الى تحسن في الصفات التركيبية للنباتات ومنها قطر الساق ، نتيجة زيادة كفاءة الامتصاص وتحفيز نمو الانسجة الداعمية. أما البيتموس فقد سجل متوسطاً عامًا لقطر الساق بلغ (9.99 مم)، وجاءت أعلى قيمة له أيضًا مع منقوع الباميا (10.50 مم)، مما يُشير إلى فعاليته المتوسطة مقارنة

بالفحم الحيوي، وهذا يدعم ما ورد في دراسة Muhammad و sani (2022)، التي أظهرت ان استخدام البيتموس في زراعة اللوبيا أدى الى زيادة معنوية في قطر الساق، نتيجة تحسين البيئة الجذرية، وثبات الرطوبة، وزيادة التهوية، مما وفر ظروفًا مثالية لنمو الأنسجة التركيبية. وبالنسبة لـ البيرلايت، فقد أظهر أقل المتوسطات بين المحسنات (9.76 مم)، رغم تقاربه مع البيتموس في بعض المعاملات، ويُعزى ذلك إلى طبيعته الخاملة، إذ أنه يوفر تصريفًا جيدًا للماء ويُقلل من احتباس الرطوبة، لكنه لا يحتوي على عناصر عضوية فعالة، وقد دعمت هذه النتائج دراسة Adebayo و Onwuka (2019)، التي أوضحت ان إضافة البيرلايت الى وسط الزراعة أدت الى زيادة معنوية في قطر الساق وعدد الاوراق في نبات اللوبيا. *Vigna unguiculata L.* ، وذلك بفضل خصائص البيرلايت في تحسين التهوية والصرف وتعزيز نمو الأنسجة التركيبية. من جهة أخرى، أظهرت معاملة المقارنة (بدون محسن وبدون مثبت) أدنى متوسط لقطر الساق (7.93 مم)، مما يُشير إلى ضعف تركيب الساق في ظل غياب المحسنات والمثبطات الحيوية، وهو ما يتوافق

مع ما اشار اليه Olaoye و Aliyu (2021)، حيث اوضحا ان نبات فول الصويا *Glycine max L.* المزروع دون اي تعديل عضوي اظهر قطراً اقل للساق مقارنة بالمعاملات الاخرى ، نتيجة التدهور النسبي في الخصائص الفيزيائية للتربة وضعف توافر العناصر الغذائية. أما من حيث تأثير مثبطات النتج، فقد تفوقت معاملة منقوع الباميا بتسجيلها أعلى متوسط (10.81 مم)، تليها سليكات البوتاسيوم (9.93 مم)، ثم المعاملة بدون مثبت (9.06 مم). يعكس ذلك الدور الفعال لهذه المثبطات في الحفاظ على توازن الماء داخل النبات، مما يدعم تكوّن أنسجة سميكة وقوية في الساق، هذه النتائج تتوافق مع ما أوضحت دراسة Rani و Kumar (2022)، ان الرش الورقي بمستخلصات نباتية وسليكات البوتاسيوم ساعد في تقوية الأنسجة الداعمة وزيادة سماكة الساق في نبات اللوبيا. *Vigna unguiculata L.*، نتيجة تحسين الحالة المائية وتقليل فقد الماء.

جدول (11) تأثير معاملات الدراسة على قطر الساق (مم).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
10.91	9.63	11.07	12.02	فحم حيوي
9.99	9.33	10.13	10.50	بتموس
9.76	9.33	9.43	10.50	برلايت
9.07	7.93	9.07	10.20	بدون اضافة
0.129	LSD _{0.05}	0.287		LSD 0.05
	9.06	9.93	10.81	متوسط المثبطات
	0.165			LSD 0.05

3.3.4 عدد الأفرع (فرع نبات⁻¹)

أظهرت نتائج الجدول (12) وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات المختلفة من حيث صفة عدد الأفرع في نبات فستق الحقل *Arachis hypogaea* L.، حيث تفوقت معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا وسليكات البوتاسيوم (7.00 فرع/نبات) معنوياً على باقي المعاملات، في حين سجلت معاملة بدون إضافة أقل متوسط (5.00 فرع/نبات)، تعزى هذه الزيادة إلى الدور الفعال للفحم الحيوي في تحسين تهوية التربة ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، وتحفيز النشاط الميكروبي، مما يدعم النمو الخضري ويزيد من التفرعات، وهذا ما أكدته دراسة Alabdulrahman (2022) التي بينت أن استخدام الفحم الحيوي أدى إلى تحسين عدد الأفرع في البقوليات وخاصة الفاصولياء *Phaseolus vulgaris* L. والباميا *Abelmoschus esculentus* L.، عن طريق تعديل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

كما سجلت معاملة البيتموس متوسطاً جيداً (5.44 فرع/نبات)، لا سيما عند استخدامه مع منقوع الباميا، ويُعزى ذلك إلى قدرته على تحسين بنية التربة والاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، ما يسهم في دعم النمو الخضري. وقد دعمت هذه النتائج دراسة (Shahein وآخرون، 2025)، بواسطة تجربتهم على الفاصولياء *Phaseolus vulgaris* L. ، حيث أشاروا إلى أن البيتموس عزز الكثافة الخضرية وعدد الأفرع عند استخدامه ضمن أوساط زراعية عضوية. أما معاملة البرلايت، فسجلت متوسطاً مقارباً (5.67 فرع/نبات)، ويُعزى ذلك إلى خصائصه في تحسين التهوية وخفض كثافة التربة، مما يزيد كفاءة امتصاص العناصر، تتفق هذه النتائج مع دراسة Harris و Eshkab (2020)، على نبات الحمص *Cicer arietinum* L. حيث اوضحا أن إدخال البرلايت في الوسط الزراعي أسهم في تحسين نمو الأفرع الجانبية عن طريق توفير وسط مسامي يدعم التفرع.

فيما يخص مثبتات النتج، فإن استخدام منقوع الباميا أعطى أعلى متوسط (6.17 فرع/نبات)، متفوقاً على سليكات البوتاسيوم (5.75) وبدون مثبت (5.25)، إلا أن الفروق لم تصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية (LSD = 1.29). ويُحتمل أن فعالية منقوع الباميا تعود إلى غناه بالمركبات الفينولية التي تعمل كمنظمات نمو طبيعية، تتفق نتائج هذه الدراسة مع ما ورد في بحث El-Shazly و Hegab (2023)، حيث أثبت الباحثان أن استخدام مثبتات النتج الطبيعية مثل المستخلصات النباتية أدى إلى زيادة عدد الأفرع والصفات الخضرية الأخرى لمحصول فستق الحقل *Arachis hypogaea* L. لاسيما تحت ظروف الإجهاد المائي، نتيجة تحسّن كفاءة استخدام الماء وتقليل الفاقد منه عبر الثغور.

كما أظهرت الدراسة دور سليكات البوتاسيوم في تقوية الجدر الخلوية وتنظيم فقد الماء، مما يساهم في زيادة عدد الأفرع، نتائج معاملة سليكات البوتاسيوم تتفق مع ما أشار إليه Hassanein و El-Sayed (2022)، حيث لاحظ الباحثان أن استخدام سليكات البوتاسيوم أدى إلى زيادة عدد الأفرع وتحسن النمو الخضري لنبات الفول السوداني *Arachis hypogaea* L. تحت ظروف الجفاف، ويُعزى ذلك إلى دور هذا المركب في دعم استقرار الخلايا النباتية وتقليل الإجهاد الناتج عن نقص الماء.

أما معاملة المقارنة، فقد سجلت كما هو متوقع أقل عدد من الأفرع، ويرجع ذلك إلى غياب أي تحسين في الخواص الفيزيائية أو الكيماوية للتربة، نتائج معاملة المقارنة في هذه الدراسة متوافقة مع ما أورده Aliyu و Olaoye (2021)، حيث أوضحت الدراسة على فول الصويا *Glycine max* L. ، أن المعاملات غير المعالجة بسماد الدواجن (control treatment) أظهرت أقل القيم من حيث عدد الأفرع والنمو الخضري مقارنة بالمعاملات الأخرى، مما يبرز أهمية التسميد العضوي في تعزيز الأداء الفسيولوجي للنبات. رغم عدم وجود فروقات معنوية إحصائية، فإن الاتجاه العام للنتائج يدعم فرضية أن استخدام الفحم الحيوي، البرلايت، البيتموس، منقوع الباميا وسليكات البوتاسيوم يمكن أن يساهم بشكل

فَعَال في تعزيز عدد الأفرع لدى نباتات العائلة البقولية مثل فستق الحقل، عند تحسين خصائص التربة ومقاومة الإجهاد.

جدول (12) تأثير معاملات الدراسة على عدد افرع المحصول(فرع نبات⁻¹).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
6.78	6.33	7.00	7.00	فحم حيوي
5.44	5.67	5.00	5.67	بتموس
5.67	5.00	6.00	6.00	برلايت
5.00	4.00	5.00	6.00	بدون اضافة
0.99	LSD 0.05	1.925		LSD 0.05
	5.25	5.75	6.17	متوسط المثبطات
		1.29		LSD 0.05

4.3.4 المساحة الورقية (سم²).

يتضح من الجدول (13) أن معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا سجلت أعلى متوسط للمساحة الورقية (13493 سم²)، تليها معاملة الفحم الحيوي مع سليكات البوتاسيوم (11001 سم²)، وهو ما يشير بوضوح إلى الدور الحيوي للفحم الحيوي في تعزيز النمو الخضري لمحصول فستق الحقل *Arachis hypogaea L.*، يُعزى هذا التأثير إلى تحسين الفحم الحيوي لخواص التربة الفيزيائية والكيميائية، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وتوفير العناصر الغذائية، مما يُعزز العمليات الفسيولوجية كالبناء

الضوئي ويؤدي إلى اتساع في المساحة الورقية. وقد دعمت هذه النتائج دراسة (Kiziloglu وآخرون، 2023) التي أجريت على نبات الفول السوداني *Arachis hypogaea* L. ، حيث أظهرت أن المعاملة بالفحم الحيوي أدت إلى زيادات معنوية في المساحة الورقية، بالإضافة إلى تحسين كفاءة امتصاص المغذيات والمحتوى الكلوروفيلي، ولاسيما تحت ظروف التربة المالحة، مما انعكس إيجابًا على مؤشرات النمو الخضري للنبات.

أظهرت معاملة البيتموس مع منقوع الباميا (10642 سم²)، ويُعزى هذا الأداء إلى كفاءة البيتموس في تحسين التهوية والاحتفاظ بالماء، مما يُحفز النمو الخضري. تتفق هذه النتائج مع دراسة Lamichhane (2023)، أوضح الباحث أن خلط البيتموس مع الفحم الحيوي أدى إلى تحسن في صفات النمو، بما في ذلك المساحة الورقية، في نباتات زينة وخضروات متعددة، مما يشير إلى تأثيره الإيجابي العام على النمو النباتي. أما معاملة البرلايت مع منقوع الباميا فسجلت (7773 سم²)، وهي أقل من معاملات الفحم الحيوي والبيتموس، لكنها تفوقت على معاملة المقارنة ويُفسر ذلك بدور البرلايت في تحسين تهوية الجذور وتصريف الماء الزائد. هذا ما أكدته دراسة (Kang وآخرون، 2021) التي استخدمت البرلايت ضمن وسط زراعي لمحصول فول الصويا، وسجلت تحسنًا ملحوظًا في المساحة الورقية نتيجة تحسين التهوية وتقليل تأثيرات الغمر.

أما فيما يخص مثبطات النتج، فقد تفوقت معاملة منقوع الباميا بمتوسط (9300 سم²)، تليها سليكات البوتاسيوم (8493 سم²)، بينما كانت المعاملة بدون مثبط الأقل (6192 سم²). يشير ذلك إلى أن منقوع الباميا، بفضل محتواه من المركبات النباتية مثل الفينولات و Saponins ، يعمل على تقليل فقد الماء عن طريق النتج ويعزز الحالة المائية للنبات، مما ينعكس إيجابًا على النمو الخضري.

تدعم هذه النتائج دراسة Agboola و Omuetti (2022) ، التي أجريت على محصول فستق الحقل، وأوضحت أن استخدام منقوع الباميا وسليكات البوتاسيوم كمثبطات نتج أدى إلى زيادات معنوية في المساحة الورقية مقارنةً بمعاملة المقارنة، وذلك بفضل تحسين كفاءة امتصاص الماء وتقليل فقد الرطوبة. أما معاملة المقارنة (بدون محسن وبدون مثبط) فقد سجلت أقل القيم في المساحة الورقية (2354 سم²)، مما يعكس محدودية النمو الخضري للنبات تحت غياب المحسنات العضوية أو المثبطات الحيوية، تُعزى هذه النتائج إلى التدهور النسبي في الخصائص الفيزيائية والبيولوجية للتربة، والذي يؤدي إلى ضعف التهوية وتقييد امتصاص الماء والعناصر الغذائية، ما ينعكس سلبًا على قدرة النبات في تطوير أوراقه وزيادة المساحة الورقية.

جدول (13) تأثير معاملات الدراسة على المساحة الورقية (سم²).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافة	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
11000	8507	11001	13493	فحم حيوي
9308	7638	9645	10642	بتموس
7174	6269	7480	7773	برلايت
4497	2354	5847	5291	بدون اضافة
843	LSD 0.05	1133		LSD 0.05
	6192	8493	9300	متوسط المثبطات
		546		LSD 0.05

5.3.4 محتوى الاوراق من الكلوروفيل (ملغم/غم).

بناءً على تحليل جدول (14) الخاص بنسبة الكلوروفيل (ملغم/غم)، يتضح وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات المختلفة، وهو ما يعكس التأثير المتباين لمحسنات التربة ومثبطات النتج في تعزيز الكفاءة الفسيولوجية لمحصول فستق الحقل، ولاسيما من حيث نسبة الكلوروفيل في الأوراق. أظهرت معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا أعلى متوسط لنسبة الكلوروفيل (4.77 ملغم/غم)، تلتها معاملة الفحم الحيوي مع سليكات البوتاسيوم (4.60 ملغم/غم)، ثم مع البيتموس ومنقوع الباميا، تعكس هذه النتائج التأثير الإيجابي للفحم الحيوي في تعزيز فعالية التمثيل الضوئي عبر تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، لا سيما في ظل ظروف الإجهاد المائي، وقد دعمت هذه النتائج دراسة (Kang وآخرون، 2021)، التي بينت أن إضافة الفحم الحيوي أو البيرلايت ساهم في تحسين نسبة الكلوروفيل في

نبات فول الصويا *Glycine max L.* تحت ظروف إجهاد مائي، نتيجة لتحسين الاحتفاظ بالرطوبة وتعزيز امتصاص المغذيات في منطقة الجذور.

أما معاملة البيتموس فقد أظهرت أيضًا فعالية عالية، حيث سجلت (4.60 ملغم/غم) مع منقوع الباميا، ويُعزى ذلك إلى قدرة البيتموس على تحسين تهوية التربة والاحتفاظ بالماء والمغذيات، مما يدعم بناء الكلوروفيل في النباتات البقولية، تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Lamichhane 2023)، في دراسة على نباتات الزينة والبقوليات إلى أن استخدام البيتموس يرفع من كفاءة النمو الخضري ويزيد من محتوى الكلوروفيل بسبب غناه بالمادة العضوية وتعديل خصائص الوسط الزراعي. بالنسبة إلى البرلايت، فرغم تسجيله قيمةً أقل نسبيًا (3.80 ملغم/غم كأعلى متوسط)، إلا أن استخدامه مع منقوع الباميا كان أفضل من معاملة المقارنة، وهو ما يعكس دوره في تحسين التهوية وتخفيف الإجهاد. وهذا ما أكدته دراسة (Kang وآخرون، 2021) أيضًا، حيث تم إدراج البرلايت ضمن تركيبة وسط زراعة أدت إلى تحسن نسبي في محتوى الكلوروفيل في فول الصويا تحت ظروف الإجهاد المائي.

أما فيما يخص معاملات مثبتات النتج، فقد أظهرت النتائج تفوقًا واضحًا لمعاملة منقوع الباميا (4.125 ملغم/غم) على كل من سليكات البوتاسيوم (3.933 ملغم/غم) والمعاملة بدون مثبت (3.433 ملغم/غم). ويُعزى هذا التفوق إلى احتواء منقوع الباميا على مركبات فعالة كالفينولات و Saponins التي تؤدي دورًا مزدوجًا؛ فهي تعمل كمثبطات طبيعية للنتج عبر تقليل فتح الثغور، وفي الوقت ذاته تحفز النشاط الفسيولوجي عن طريق تحسين امتصاص العناصر المغذية، مما ينعكس على نمو الأوراق واتساعها.

تدعم هذه النتائج دراسة Hygienus (2025)، التي أُجريت على نبات الباميا *Abelmoschus esculentus L.* تحت ظروف الإجهاد المائي، حيث أظهرت النتائج أن استخدام مستخلصات نباتية مثل منقوع الباميا ساهم في زيادة معنوية في محتوى الكلوروفيل الكلي، نتيجة تحسين امتصاص الماء والمغذيات وتنشيط العمليات الحيوية داخل النبات، كما بينت الدراسة أن منقوع الباميا كمستخلص نباتي طبيعي يمتلك خصائص مثبطة للنتج، مما يساعد في تقليل آثار الإجهاد البيئي ويحافظ على النشاط الحيوي للنبات. فيما أظهرت معاملة المقارنة (بدون محسن وبدون مثبت) أقل متوسط (2.60 ملغم/غم)، ما يعكس تأثير غياب المحسنات والمثبطات الحيوية على كفاءة النبات الفسيولوجية، والتي تؤدي إلى انخفاض محتوى الكلوروفيل تحت تأثير الإجهاد المائي، تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Kang وآخرون، 2021) عند مقارنة النباتات غير المعاملة في التربة الفقيرة عضوياً. تُظهر النتائج أن استخدام الفحم الحيوي والبيتموس ومعاملات منقوع الباميا وسليكات البوتاسيوم جميعها ساهمت في تعزيز نسبة الكلوروفيل، بينما عانت النباتات في معاملة الشاهد من انخفاض واضح في هذه الصفة المهمة، مما يُبرز

أهمية المعاملات العضوية ومثبطات النتح في دعم الوظائف الفسيولوجية لنبات فستق الحقل تحت الظروف المحلية

جدول (14) تأثير معاملات الدراسة على محتوى الاوراق من الكلورو فيل (ملغم غم⁻¹).

متوسط المحسنات	مثبطات النتح			المحسنات
	بدون إضافة	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
4.42	3.90	4.60	4.77	فحم حيوي
4.31	3.90	4.43	4.60	بتموس
3.59	3.33	3.63	3.80	برلايت
3.00	2.60	3.07	3.33	بدون اضافة
0.077	LSD _{0.05}	1.27		LSD _{0.05}
	3.433	3.933	4.125	متوسط المثبطات
	0.025			LSD _{0.05} 0.05

6.3.4 عمق الجذور (سم).

أظهرت نتائج جدول (15) إن معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا اعطت أعلى متوسط لعمق الجذور (21.33 سم)، ويُعزى ذلك إلى دور الفحم الحيوي في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية، وزيادة التهوية، مما يسمح بامتداد الجذور بشكل أعمق وأكثر كفاءة. أكدت هذه النتائج دراسة (Kang وآخرون، 2021)، على نبات فول الصويا هذا التأثير، حيث أوضحت أن استخدام biochar تحت ظروف الاجهاد المائي يحسن طول الجذر والتعمق في التربة بفضل تقليل ضغط الإجهاد الناتج عن الماء. بالنسبة للبيتموس، فقد سجل تأثيراً جيداً أيضاً على عمق الجذور، ولاسيما عند دمج مع منقوع الباميا (18.67 سم). يعود ذلك إلى احتفاظ البيتموس برطوبة معتدلة حول الجذور وتوفير بيئة حيوية لنمو الجذيرات. ويدعم هذا التفسير بحث (El-Moula وآخرون، 2024)، على شتلات الفول والبقوليات،

الذي أكد أن البيتموس يزيد من طول الجذر عند استخدامه كنموذج زراعة أساسي. أما البيرلايت، فقد سجل قيماً وسطية لكنها تفوقت علمعاملة المقارنة ، وهو ما يُعزى إلى قدرة البرلايت على تحسين التهوية وتقليل انضغاط التربة، مما يسمح بامتداد الجذور بشكل أعمق. تتفق هذه النتائج مع دراسة Addae (2022) اوضح فيها الباحث إن استخدام البيرلايت في خلائط النمو حسّن من عمق الجذور في نبات الكاكاو *Theobroma cacao* L. بسبب خفته وقدرته على تصريف المياه. بينما معاملة المقارنة (بدون محسن وبدون مثبت) كانت الأقل (14.00 سم)، مما يدل على أن البيئة غير المدعّمة تقلل من قدرة النبات على التعمق بحثاً عن الماء أو العناصر الغذائية، هذا يتفق مع ما أشار إليه Lamichhane (2023) في تجربته على نباتات الزينة، حيث ذكر أن المعاملة الخالية من أي وسط محسّن قللت بشكل ملحوظ من نمو الجذر. أما في ما يخص مثبتات النتج، فقد تفوقت معاملة منقوع الباميا على سليكات البوتاسيوم. ويفسر ذلك بفعالية المركبات الفينولية وSaponins في منقوع الباميا في تقليل النتج، مما يسمح بتوفر الماء للنمو الجذري. وقد أكد Hygienus (2025) هذا التأثير عند دراسته لنبات الباميا تحت ظروف الإجهاد، حيث أوضح أن استخدام biochar مع منقوع الباميا عزز من تعمق الجذور.

جدول (15) تأثير معاملات الدراسة على عمق الجذر للمحصول (سم).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
19.56	17.67	19.67	21.33	فحم حيوي
17.67	17.33	17.00	18.67	بتموس
18.11	18.33	17.67	18.33	برلايت
16.44	14.00	18.00	17.33	بدون اضافة
5.43	LSD 0.05	5.547		LSD 0.05
	16.83	18.08	18.92	متوسط المثبطات
		1.29		LSD 0.05

7.3.4 الوزن الطري (كغم نبات⁻¹).

أظهرت نتائج الجدول (16) تفوق معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا في صفة الوزن الطري، حيث سجلت (0.560 كغم)، تلتها معاملة البرلايت مع منقوع الباميا (0.611 كغم)، مما يشير إلى الدور الإيجابي لكلا العاملين في تعزيز النمو الخضري وتحفيز تراكم الكتلة الطرية في محصول فستق الحقل، يُفسر ذلك بأن الفحم الحيوي يمتلك قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة والمغذيات، مما يخلق بيئة مثالية لنمو الجذور والنباتات، تتفق هذه النتائج مع دراسة (Kang وآخرون، 2021)، اظهرت هذه الدراسة عند استخدام الفحم الحيوي لتحسين تحمل فول الصويا *Glycine max L.* تحت ظروف الاجهاد المائي، حيث سُجِّل تحسن في الوزن الطري ومعدل النمو الكلي. أما بالنسبة لمعاملة البيتموس مع منقوع الباميا، فقد سجلت متوسط بلغ (0.412 كغم)، ويُعزى هذا التحسن إلى قدرة البيتموس على تحسين خصائص

التهوية واحتفاظه الجيد بالماء، مما يعزز النمو الأولي للنباتات، هذا يتفق مع ما أشار إليه (MH وآخرون، 2024) في تجربتهم على محاصيل بقولية مختلفة، مؤكدين أن البيتموس يؤدي إلى زيادات واضحة في الوزن الطري عند دمج مع محسنات عضوية. ومن ناحية أخرى، ساهم استخدام البرلايت مع منقوع الباميا أو سليكات البوتاسيوم في رفع الوزن الطري بالمقارنة مع المعاملة المقارنة، وهو ما يتوافق مع ما أورده دراسة Lamichhane (2023)، التي أشارت إلى إمكانية استخدام البرلايت كمحسن وسط نمو فعال عند تقليله بنسبة مدروسة، إذ يحسّن الكثافة الظاهرية وتوزيع الماء والمغذيات مما ينعكس على الوزن الطري للأجزاء النباتية.

أما فيما يخص المثبطات، فقد أظهرت نتائج منقوع الباميا (متوسط 0.455 كغم) تفوقاً واضحاً على سليكات البوتاسيوم (0.344 كغم) والمعاملة بدون مثبط (0.209 كغم)، مما يدل على التأثير الحيوي للمركبات الطبيعية مثل Saponins والفينولات في منقوع الباميا في تعزيز التوازن المائي وتخفيف الإجهاد، وهو ما أكدته دراسة Hygienus (2025) والتي بينت أن معاملة النباتات بمنقوع الباميا ساعدت على تحسين النمو تحت ظروف إجهاد مائي.

وأخيراً، فإن معاملة المقارنة (بدون محسن وبدون مثبط) سجلت أقل المتوسطات (0.180 كغم)، مما يؤكد محدودية التربة غير المعالجة في دعم النمو الخضري، خاصةً بغياب أي تدخل عضوي أو حيوي، وهو ما يتطابق مع دراسة (Vasilyeva وآخرون، 2024)، الذين أوضحوا أن المعاملات غير المحسنة بالمواد العضوية تُظهر نتائج ضعيفة في وزن النباتات الطري بسبب ضعف في الاحتفاظ بالماء والمغذيات.

جدول (16) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الطري (كغم نبات⁻¹).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
0.421	0.230	0.473	0.560	فحم حيوي
0.322	0.219	0.336	0.412	بتموس
0.398	0.207	0.377	0.611	برلايت
0.202	0.180	0.190	0.236	بدون اضافة
0.054	LSD 0.05	0.069		LSD 0.05
	0.209	0.344	0.455	متوسط المثبطات
		0.027		LSD 0.05

8.3.4 الوزن الجاف (كغم نبات⁻¹).

أظهرت نتائج جدول (17) فروقا معنوية في صفة الوزن الجاف تفوق معاملة الفحم الحيوي مع منقوع الباميا (0.218 كغم)، يليها الفحم الحيوي مع سليكات البوتاسيوم (0.175 كغم)، ما يعكس الأثر الإيجابي للفحم الحيوي في تحسين النمو البنيوي للنباتات. يُعزى ذلك إلى قدرته الفائقة على تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، تتفق هذه النتائج مع دراسة (Kang وآخرون، 2021) التي بيّنت أن استخدام الفحم الحيوي أدى إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف في نبات فول الصويا *Glycine max L.* كما ساهمت معاملة البيتموس مع منقوع الباميا في تحسين الوزن الجاف للنبات (0.171 كغم)، نتيجة تحسين البيتموس لتربة التربة وتوفيره رطوبة متوازنة في منطقة الجذور، مما يحفّز تكوين مادة حيوية أكبر. هذا يتفق مع نتائج (MH وآخرون، 2024) الذين

وجدوا أن إدخال البيتموس في وسط النمو أدى إلى تحسين في الكتلة الجافة لمحاصيل بقولية متنوعة. أما البرلايت، فسجل مستويات أقل نسبيًا (أعلى متوسط 0.127 كغم)، وهو ما يتفق مع نتائج Lamichhane (2023)، التي أوضحت أن الإفراط في استخدام البرلايت قد يقلل من التماسك المائي في الوسط الزراعي، مما ينعكس سلبيًا على الوزن الجاف، لاسيما في مراحل النمو المتقدمة.

وبالنسبة لتأثير مثبتات النتج، فقد تفوقت معاملة منقوع الباميا (متوسط 0.162 كغم) على باقي المعاملات، نتيجة وجود مركبات فينولية و Saponins تعمل على تقليل فقد الماء عبر الثغور، مما يحافظ على التوازن المائي ويسمح للنبات بتوجيه طاقته نحو تكوين كتلة جافة أعلى. أكدت هذه الآلية دراسة Hygienus (2025)، في تجربته على البقوليات، حيث أشار إلى دور منقوع الباميا في تقليل الإجهاد المائي وتحسين مؤشرات النمو الكتلي. أما المعاملة بدون محسن أو مثبت فسجلت أقل القيم (0.080 كغم)، مما يدل على أن غياب المواد العضوية والمثبتات النباتية يضعف من قدرة النبات على بناء أنسجة جافة، خاصةً تحت ظروف بيئية مجهدة. هذا ما أشار إليه (Vasilyeva وآخرون، 2024)، حيث أظهرت النباتات غير المعالجة ضعفًا ملحوظًا في جميع مؤشرات النمو الجاف.

جدول (17) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الجاف للمحصول (كغم نبات⁻¹).

متوسط المحسنات	مثبتات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
0.191	0.180	0.175	0.218	فحم حيوي
0.149	0.137	0.140	0.171	بتموس
0.122	0.121	0.119	0.127	برلايت
0.111	0.080	0.123	0.131	بدون اضافة
0.023	LSD0.05	0.029		LSD0.05
	0.129	0.139	0.162	متوسط المثبتات
		0.011		LSD0.05

9.3.4 الحاصل الكلي (كغم دونم⁻¹).

أوضحت النتائج في جدول (18) أن معاملة (الفحم الحيوي و منقوع الباميا) سجلت أعلى متوسط للحاصل الكلي (596.4 كغم/دونم)، ويُعزى ذلك إلى الأثر المتكامل لهذين العاملين في تحسين التهوية، تقليل فقد الماء، وزيادة جاهزية العناصر الغذائية، مما ينعكس إيجابًا على التمثيل الضوئي وتراكم المادة الجافة. أكدت هذه النتائج (Ding وآخرون، 2021) أن استخدام الفحم الحيوي في زراعة فستق الحقل *Arachis hypogaea L.* يحسّن من بناء التربة ويزيد من كفاءة امتصاص العناصر، مما يرفع الإنتاجية تحت ظروف الإجهاد المائي.

أما معاملة (البيتموس و منقوع الباميا) فسجلت (267.7 كغم/دونم)، يعود ذلك إلى قدرة البيتموس على الاحتفاظ بالرطوبة لفترات أطول وتحسين محتوى المواد العضوية في التربة، وهي خصائص مهمة جدًا في زراعة فستق الحقل، وهو ما دعمته دراسة (Lamichhane وآخرون، 2023) التي بينت أن البيتموس يسهم في تحسين بناء التربة والتوزيع الجذري، ما يؤدي إلى تعزيز الحاصل في البقوليات.

في حين أظهرت معاملة (البرلايت و منقوع الباميا) تحسناً ملحوظاً أيضاً، وسجلت (186.8 كغم/دونم). هذا يرتبط بقدرة البرلايت على تحسين تصريف الماء وتهوية الجذور، تتفق هذه النتائج الى ما اشار اليه (Kang وآخرون، 2021)، إلى أن استخدام البرلايت ضمن الوسط الزراعي لمحصول فستق الحقل *Arachis hypogaea L.* ساعد في رفع الإنتاج الكلي عن طريق تحسين ديناميكية الماء والعناصر في محيط الجذر.

من جانب آخر، سجلت معاملة البيتموس و سليكات البوتاسيوم (283.2 كغم/دونم) جاءت بالمرتبة الثانية بعد الفحم الحيوي ومنقوع الباميا في التأثير يرفع الحاصل، مما يبرز الفعالية المركبة لهذه المعاملات، فالمعروف أن سليكات البوتاسيوم تحسّن مقاومة النبات للإجهاد وتحفز نمو الأعضاء التناسلية للنبات، وقد وثقت ذلك (Kaya وآخرون، 2020) في دراستهم على محصول فستق الحقل *Arachis hypogaea L.* حيث ساهمت السليكات في تحسين جودة النمو تحت ظروف التربة الصعبة. أما المعاملة بدون محسن وبدون مثبت فقد جاءت بأقل حاصل كلي (126.0 كغم/دونم)، مما يؤكد ضعف أداء التربة في غياب المعاملات العضوية أو الفسيولوجية. هذا يتفق مع دراسة Aliyu و Olaoye (2021)، اوضح الباحثان أن غياب الإضافات العضوية والمثبتات النباتية يؤدي إلى تراجع كبير في إنتاجية فستق الحقل *Arachis hypogaea L.* لاسيما تحت ظروف بيئية غير مثالية.

أما تأثير مثبتات النتج، فقد أظهر منقوع الباميا تفوقاً واضحاً بمتوسط عام (297.8 كغم/دونم)، متجاوزاً سليكات البوتاسيوم (226.3 كغم/دونم) والمعاملة بدون مثبت (182.2 كغم/دونم)، مما يشير إلى أن المركبات النشطة مثل الفينولات و Saponins الموجودة في مستخلص الباميا تسهم في تحسين الحالة المائية للنبات وتقليل فقد الماء، ومن ثم تعزيز كفاءة البناء الضوئي والنمو، وقد دعمت ذلك دراسة (Mwanamwenge وآخرون، 2024) التي أظهرت نتائج مشابهة عند استخدام مستخلصات نباتية على محصول فستق الحقل ، مما ادت الى رفع الحاصلي الكلي للمحصول.

جدول (18) تأثير معاملات الدراسة على الحاصل الكلي للمحصول (كغم دونم⁻¹).

متوسط المحسنات	مثبطات النتج			المحسنات
	بدون إضافه	سليكات البوتاسيوم	منقوع الباميا	
374.6	251.7	275.6	596.4	فحم حيوي
256.0	217.3	283.2	267.7	بتموس
167.4	133.7	181.6	186.8	برلايت
143.6	126.0	164.7	140.3	بدون اضافة
80.9	LSD 0.05	89.3		LSD 0.05
	182.2	226.3	297.8	متوسط المثبطات
	32.4			LSD 0.05

4.4 كفاءة استعمال الماء (Water Use Efficiency – WUE) (كغم م⁻³).

أظهرت نتائج الجدول (19) المتعلق بكفاءة استعمال الماء في محصول فستق الحقل أن أعلى معدل سُجل كان عند معاملة الفحم الحيوي و منقوع الباميا (0.67 كغم/م³)، مما يشير إلى تفاعل إيجابي بين المحسن العضوي والمثبط الطبيعي في تقليل فقد الماء وتعزيز النمو. يُعزى هذا التحسن إلى خصائص الفحم الحيوي في زيادة السعة الحقلية وتحسين التوصيل المائي داخل التربة، إلى جانب تأثير المركبات النشطة في منقوع الباميا كالفينولات و Saponins في تقليل النتج، وهو ما أكدته دراسة (Ding وآخرون، 2021) على فستق الحقل، التي أظهرت تحسناً واضحاً في كفاءة استعمال الماء عند إضافة الفحم الحيوي تحت الري المحدود.

كذلك، حققت معاملة الفحم الحيوي و سليكات البوتاسيوم قيمة جيدة (0.28 كغم/م³)، حيث تلعب سليكات البوتاسيوم دورًا في تقوية الجدر الخلوية وتنظيم حركة الماء داخل أنسجة النبات، مما يقلل من التبخر غير الفعّال، وقد دعمت (Kaya وآخرون، 2020) هذه النتائج على محصول فستق الحقل ، حيث أظهرت أن السيليكون رفع من كفاءة استعمال الماء تحت ظروف الجفاف.

من جهة أخرى، جاءت معاملة البيتموس و منقوع الباميا بمعدل (0.24 كغم/م³)، وهو ما يشير إلى أداء جيد نسبيًا في تحسين كفاءة استعمال الماء مقارنة بالمعاملة بدون محسن. يُعزى هذا الأداء إلى قدرة البيتموس العالية على الاحتفاظ بالرطوبة ضمن منطقة الجذور، وتقليل فاقد الماء عبر التبخر والرشح، خاصة عندما يُستخدم بالتكامل مع مثبط نتج طبيعي مثل منقوع البامية. وقد دعمت دراسة (Lamichhane وآخرون، 2023) هذا التوجه، إذ بينت أن إضافة البيتموس إلى وسط النمو للمحاصيل البقولية قد أدى إلى تحسين التوازن المائي في النبات ورفع كفاءة استعمال المياه نتيجة لتحسين سعة التربة المائية وتحفيز النمو الجذري.

أظهرت معاملة (سليكات البوتاسيوم) عند إضافتها مع محسنات مثل (الفحم الحيوي أو البيتموس) تحسّنًا ملحوظًا في كفاءة استعمال الماء، حيث سجلت قيم تراوحت بين (0.22 – 0.28 كغم/م³)، مما يشير إلى أن هذه المادة ساهمت في تحسين التوازن المائي للنبات، لا سيما تحت ظروف الإجهاد المائي. إنّ آلية عمل سليكات البوتاسيوم تتضمن تعزيز سماكة جدران الخلايا وتقليل معدل النتح من خلال تنظيم فتح الثغور، كما تسهم في رفع كفاءة امتصاص الماء من التربة. أكدت هذه النتائج دراسة (Kaya وآخرون، 2020)، التي أجريت على محصول فستق الحقل *Arachis hypogaea* L. ، حيث أظهرت أن استخدام السيليكون (ومن ضمنه سليكات البوتاسيوم) أدى إلى تحسن كبير في الكفاءة المائية، عن طريق تقليل فقد الماء وزيادة نمو الجذور. كما لوحظ ارتفاع معنوي في بعض الصفات الفسيولوجية المرتبطة باستعمال الماء، مما انعكس بشكل مباشر على زيادة الكفاءة الإنتاجية تحت محدودية الموارد المائية. هذا يعزز فكرة أن إدخال السليكات في البرامج الزراعية للنباتات البقولية يُعد من الوسائل الفعّالة لتحسين الاستدامة الزراعية، خصوصًا في البيئات التي تعاني من شح المياه.

اما معاملة البرلايت مع منقوع الباميا سجلت قيمة معتدلة في كفاءة استعمال الماء بلغت (0.14 كغم/م³)، مما يدل على وجود تأثير إيجابي نسبيًا لهذه المعاملة في تحسين كفاءة استخدام المياه مقارنة بالمعاملة غير المعالجة. ويُعزى هذا التأثير إلى قدرة البرلايت على تحسين بنية التربة وتسهيل تهوية الجذور، مما يسهم في رفع كفاءة امتصاص الماء عند توفر عوامل مساعدة مثل مثبطات النتح. إلا أن البرلايت كمحسن منفرد لا يُعد كافيًا لتحقيق تحسينات ملموسة في الكفاءة المائية ما لم يُدمج مع مواد عضوية أو

مثبطات فعالة. تتفق هذه النتيجة مع دراسة (Kang وآخرون، 2021)، حيث أوضح الباحثون أن استخدام البرلايت ضمن الوسط الزراعي أسهم في تحسين بعض الصفات الفسيولوجية في محصول فستق الحقل، لكن دون أن يحقق تأثيرًا كبيرًا في كفاءة استعمال الماء ما لم يُستخدم بالتكامل مع مكونات أخرى أكثر فعالية مثل الفحم الحيوي أو البيتموس.

في المقابل، سجلت معاملة بدون محسن وبدون مثبط أدنى قيمة لكفاءة استعمال الماء بلغت (0.07 كغم/م³)، مما يعكس بوضوح محدودية قدرة النبات على الاستفادة من الموارد المائية في غياب أي تدخلات تحسين عضوي أو فسيولوجي. يُعزى هذا الانخفاض إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، وانخفاض قدرة الجذور على امتصاص الماء بشكل فعال. أكدت دراسة Aliyu و Olaoye (2021) هذه النتائج، حيث أشار الباحثان إلى أن غياب المحسنات العضوية والمركبات الحيوية يضعف من قدرة النبات على التكيف مع الإجهاد المائي، ويؤدي إلى تراجع كبير في كفاءة استعمال الماء، خصوصًا في المحاصيل البقولية مثل فستق الحقل.

5.4 نسبة توفير الماء (%).

أظهرت النتائج جدول (19) تفوق معاملة الفحم الحيوي + منقوع الباميا بتحقيق أعلى نسبة لتوفير الماء بلغت 50.37%، مما يعكس كفاءة هذا المزيج في تحسين خواص التربة وتقليل فقدان الماء، يُعزى هذا التحسن إلى قدرة الفحم الحيوي على تحسين احتفاظ التربة بالرطوبة وتوفير بيئة جذور مستقرة، وهو ما أكدته دراسة (Igalavithana وآخرون، 2022)، التي أوضحت أن الفحم الحيوي يعزز حفظ الرطوبة ويقلل الاحتياجات المائية. أما منقوع الباميا فيحتوي على مركبات فينولية و Saponins تقلل من معدل النتج، وقد دعمت دراسة (Nagalakshmi وآخرون، 2023) هذه النتائج، حيث بيّنت أن استخدام المستخلصات النباتية كمثبطات نتج في المحاصيل البقولية أدى إلى تحسين صفات فسيولوجية مهمة وتقليل معدل النتج، مما ساهم في رفع كفاءة استعمال المياه وتقنين الاستهلاك تحت ظروف الري المحدود ويُعزى ذلك إلى احتواء المستخلصات على مركبات فينولية تعمل على تقليل فتح الثغور وتعزيز اتزان الماء داخل أنسجة النبات.

جاءت معاملة الفحم الحيوي و سليكات البوتاسيوم في المرتبة الثانية بنسبة (44.63%)، مما يدل على الدور الإيجابي لسليكات البوتاسيوم في تعزيز مقاومة النبات للإجهاد المائي، عن طريق زيادة صلابة الخلايا وتقليل خسائر التبخر، تتفق هذه النتائج مع دراسة (Raza وآخرون، 2021)، التي أشارت إلى دور السليكات في تحسين كفاءة استخدام الماء عبر آليات تنظيمية في تبادل الغازات. ثم تلتها معاملة الفحم الحيوي و بدون مثبط بنسبة 35.5%، وهي أقل نسبيًا من المعاملات السابقة، ما يشير إلى أن الفحم

الحيوي وحده فعّال، لكنه يعطي أداء أفضل حين يُدعم بمثبطات. ويدعم ذلك ما ورد في دراسة (Khan وآخرون، 2023)، التي بيّنت أن الفحم الحيوي يحسّن الكفاءة المائية بنسبة 25–40% مقارنة بمعاملة المقارنة.

أما معاملة بيتيموس و منقوع الباميا فقد سجلت نسبة 36.5%، وهي مقاربة للفحم الحيوي، وتُعزى إلى قدرة البيتموس على تقليل التبخر وتحسين احتفاظ التربة بالماء. دعمت هذه النتيجة دراسة (Lamichhane وآخرون، 2023)، حيث وُجد أن البيتموس يزيد من رطوبة التربة المتاحة ويُقلل من الحاجة للري المتكرر. في المقابل، سجلت معاملة البيتموس و سليكات البوتاسيوم نسبة 29.18%، وهي أقل من معاملة منقوع الباميا، مما يشير إلى أن المثبطات الحيوية النباتية أكثر فعالية من غيرها في تحسين كفاءة الماء، تتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه دراسة (Kaushal وآخرون، 2024)، التي

بيّنت أن منقوع النباتات يحتوي على مركبات نشطة تؤثر على غلق الثغور وتقليل النتح. أما البيتموس و بدون مثبط فسجل نسبة 21.54%، وتُعد من أقل النسب، مما يوضح أن غياب المثبطات يقلل الفعالية المائية رغم احتواء المعاملة على محسن عضوي.

سجلت معاملة البيرلات و منقوع الباميا بنسبة 23.11%، وهي تعكس أداءً متوسطاً نسبياً. البرلايت معروف بقدرته على تحسين التهوية والصرف لكنه لا يحتفظ بالرطوبة بشكل كبير كما في الفحم الحيوي أو البيتموس، تتوافق هذه النتائج مع ما بيّنته دراسة (Kang وآخرون، 2021)، التي أوضحت أن تأثير البرلايت وحده على كفاءة الماء محدود مقارنة بمحسّنات أخرى. بينما سجلت معاملة البيرلايت و السليكات نسبة 17.26%، وبرلايت بدون مثبط نسبة 11.51%، وتُعد هذه المعاملات من بين الأضعف، مما يشير إلى ضرورة دمج البرلايت مع محسّنات رطوبة أقوى.

أما معاملة بدون محسن و منقوع الباميا فقد سجلت نسبة توفير ماء بلغت 16.05%، وهو ما يُشير إلى أن منقوع البامية يمتلك تأثيراً فعّالاً في تقليل الفاقد المائي حتى بغياب المحسّنات العضوية. يُعزى ذلك إلى احتواء منقوع الباميا على مركبات فينولية وتربينويدات تعمل كمثبطات نتح طبيعية، تقلل من فتح الثغور وتحافظ على الاتزان المائي داخل أنسجة النبات. وقد أكدت دراسة (Nagalakshmi وآخرون، 2023) هذا التأثير، حيث بيّنت أن استخدام المستخلصات النباتية كمثبطات نتح في المحاصيل البقولية أدى إلى تحسين كفاءة استخدام المياه وتقليل معدل النتح، لاسيما في ظروف الري المحدود وغياب التعديلات العضوية. في حين سجلت معاملة بدون محسن و سليكات البوتاسيوم نسبة أقل بكثير بلغت 6.39%، مما يدل على أن استخدام سليكات البوتاسيوم وحده لا يُعوّض النقص في المحسّنات

العضوية. على الرغم من أن سليكات البوتاسيوم تُساهم في تحسين مقاومة النبات للجفاف عن طريق تقوية الجدران الخلوية وتنظيم فتح الثغور، إلا أن فعاليتها تكون محدودة بدون وجود وسط نمو يدعم التوازن الرطوبي. وقد أيدت هذا الاتجاه دراسة (Raza وآخرون، 2021)، التي أوضحت أن السليكون يلعب دورًا في التخفيف من آثار الجفاف في البقوليات، لكنه يتطلب تكاملاً مع محسنات التربة لتحقيق نتائج فعالة في تقليل استهلاك المياه وزيادة الكفاءة المائية. سجلت معاملة بدون محسن و بدون مثبت أدنى نسبة توفير للماء بلغت 0%، مما يعكس بوضوح أهمية المعاملات العضوية والمثبتات الحيوية في تعزيز كفاءة استخدام المياه وتقليل الفوائد. وقد دعمت هذا الاتجاه دراسة Aliyu و Olaoye و (2021)، التي وجدت أن غياب المعاملات العضوية والمثبتات الحيوية يُسبب ضعفاً في قدرة النبات على التعامل مع الإجهاد المائي.

جدول (19) كفاءة استعمال الماء (كغم م⁻³) ونسبة توفير مياه الري (%).

المعاملة	الحاصل كغم . هكتار ²	كمية الماء المضافة م ³ . هكتار ²	كفاءة استعمال الماء كغم. م ³	نسبة توفير مياه الري %
فحم حيوي +منقوع باميا	2385.6	3536	0.67	50.37%
فحم حيوي +اورسليك	1102.4	3945	0.28	44.63%
فحم حيوي +بدون مثبط	1006.8	4596	0.22	35.5%
بيتموس+منقوع باميا	1070.8	4525	0.24	36.5%
بيتموس+اورسليك	1132.8	5046	0.22	29.18%
بيتموس+بدون مثبط	869.2	5591	0.16	21.54%
بيرلايت+منقوع الباميا	747.2	5479	0.14	23.11%
بيرلايت+اورسليك	726.4	5896	0.12	17.26%
بيرلايت+بدون مثبط	534.8	6306	0.08	11.51%
بدون محسن+ منقوع الباميا	561.2	5982	0.09	16.05%
بدون محسن +اورسليك	658.8	6671	0.10	6.39%
بدون محسن +بدون مثبط	504	7126	0.07	—

5. الاستنتاجات والتوصيات

Conclusion and Recommendations

1.5 الاستنتاجات conclusion

1. استعمال محسنات التربة ومثبطات النتج بمفردها ومعاً يحسن من ظروف المحصول ويزيد من النمو والحاصل
2. يتميز الفحم الحيوي بفعالية كبيرة في تحسين خواص التربة ويتميز منقوع الباميا بتقليل تأثير الاجهاد المائي للمحصول افضل من سليكات البوتاسيوم
3. استعمال مواد لاصقة طبيعية يمكن ان يقلل من اضرار الاجهاد على النبات

2.5 التوصيات Recommendations

- 1- دراسة التداخل بين المحسنات والمثبطات على أنواع مختلفة من المحاصيل الحقلية للتأكد من فعالية هذه المعاملات تحت ظروف مناخية وأنواع تربة مختلفة.
- 2- تحليل اقتصادي- بيئي لتكلفة وفوائد استخدام المحسنات والمثبطات لتحديد جدوى استخدامها على نطاق تجاري في الزراعة المستدامة.
- 3- تقييم تأثير المحسنات والمثبطات على الديناميكية الميكروبية للتربة لفهم التأثيرات البيولوجية المرافقة للاستخدام طويل الأمد.
- 4- دراسة فعالية منقوع الباميا على محاصيل أخرى كمثبط نتج طبيعي، ولاسيما تحت ظروف الإجهاد البيئي (جفاف، ملوحة).
- 5- تبني هذه المعاملات في البيئات الزراعية التي تعاني من شحة المياه أو تلك التي تهدف لتحقيق زراعة مستدامة ذات كفاءة مائية وإنتاجية عالية.

6. المصادر References

1.6 المصادر العربية

- إبراهيم، بشير عبد الله (2017). تأثير رش مثبطات النتج في تحسين إنتاجية الحنطة تحت ظروف الإجهاد المائي. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد.
- ابو ضاحي , يوسف محمد و مؤيد احمد اليونس (1988). دليل تغذية النبات . جامعة بغداد . وزارة التعليم العالي و البحث العلمي. ع. ص. 220.
- إسماعيل، سمير محمود (2002). تصميم وإدارة نظم الري الحقلي . مركز الدلتا للطباعة 24 شارع الدلتا سبورتنج ، الاسكندرية . جمهورية مصر العربية .
- الامير، فؤاد قاسم(2010). الموازنة المائية في العراق وازمة المياه في العالم. دار الغد للطباعة والنشر، توزيع دار الملاك للفنون والادب والنشر، بغداد.
- البدري، أحمد حسين ناصر ومحمد حسين ناصر (2012). الحلول والخيارات الفنية والاقتصادية اللازمة المائية في العراق. مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية .
- البدري، باسم حازم (2002). المشكلات المتعلقة بالامن المائي العربي وحماية البيئة، الوضع الراهن وأفاق المستقبل. مجلة الاداب. العدد 61. بغداد 360-380.
- جدوع، أحمد. (2017). اقتصادية استعمال مياه الري في زراعة و انتاج الفول السوداني في سوريا، مجلة البعث المجلد 93 العدد 31 .
- حاجم، احمد يوسف وحقي إسماعيل ياسين. (1992). هندسة نظم الري الحقلي. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.
- الحديثي، عصام خضير واحمد مدلول وياس خضير . (2010). تقانات الري الحديثة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. كلية الزراعة. جامعة الانبار. العراق.
- الحسني، عادل شريف ومحمد عز الدين الصدوق(2009). مشكلة المياه في العراق الاسباب والحلول المقترحة. كلية الهندسة وعلوم الفيزياء، جامعة سري، المملكة المتحدة.

الحلبي، رواء غالب مجيد و صادق قاسم صادق البياتي (2014). تأثير رش مثبطات النتح في كفاءة استخدام الماء ونمو وحاصل نبات الذرة الصفراء. مجلة تكريت للعلوم الزراعية، 14(1)، ص. 55-64.

حمدي، غسان جعفر (2017) تأثير البيرلايت في تقليل الاجهاد المائي لثلاث تركيب وراثية من الطماطة. رسالة ماجستير كلية الزراعة . جامعة ديالى

خلف، بلاسم جميل (2014). دور تقانات الري في تحسين كفاءة إنتاج الرز غير المغمور في تحقيق الاكتفاء الذاتي والاسهم في تقليل الحاجه لمياه الري في العراق. مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية والادارية تصدر عن كلية الادارة والاقتصاد – جامعة واسط،(16).

خليل ، محمد عبد العزيز ابراهيم (1989) . العلاقات المائية ونظم الري (الاراضي الرملية - الزراعة المحمية - محاصيل الخضر) منشأ المعارف بالاسكندرية . جلال حربي وشركاه ، مصر .
الدجوي، علي. 1999. طرق الري الحديثة والصرف المغطى، المكتبة المركزية – كلية الزراعة – جامعة بغداد.

الذبحاوي، محمد علي (2000). محسنات التربة وأثرها في التوازن البيئي الزراعي. النجف: دار الكتب العلمية.

الساھوكي، مدحت مجيد، وهيب، كريمة محمد (1990). تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب. جامعة الموصل، العراق .

شهاب ، رمزي محمد. (1997). أثر إضافة زيت الوقود والبنتونايت في بعض الخصائص الفيزيائية وانتقال الماء والمذاب في تربة جبسية. أطروحة دكتوراه. قسم التربة والمياه. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراق.

الصالحى، زهراء خالد كامل (2018). مقارنة الحالة الملحية في المنطقة الجذرية تحت نظام SWRT وبعض أنظمة أخرى في تربتين خشنة ومتوسطة النسجة وتأثير ذلك في نمو وإنتاج الذرة الصفراء.

الطيف، نبيل إبراهيم وعصام خضير الحديثي. 1988. الري أساسياته وتطبيقاته. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – جامعة بغداد – كلية الزراعة.

الظفيري، عبد الله علي احمد. (1998). تأثير التغطية في التبخرنتح وعلاقة ذلك برطوبة التربة ونمو حاصل الذرة الصفراء. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

العبادي، عبد الكريم كاظم (2004). دراسة مقارنة لحركة الماء في الترب الرملية والطينية. مجلة علوم التربة العراقية، 6(1)، ص. 20-28.

عبد الأمير، حسين كاظم . (2018). تأثير مثبتات النتج في صفات النمو والحاصل لمحصول الباميا تحت ظروف الإجهاد المائي. رسالة ماجستير، جامعة بغداد.

عبدالله ، عبد الله سالم.(2007). تأثير المناخ في تقدير الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والشعير في محافظات البصرة – ميسان – ذي قار. مجلة آداب البصرة - جامعة البصرة. 4: 187-210.

علاوي، اسماعيل ماضي . (2007) . تأثير تصريف المنقطات على توزيع الملوحة والرطوبة و الجبس في الترب الجبسية . مجلة كربلاء العلمية ، المجلد 5 العدد (2) علمي حزيران .

العمود، احمد بن إبراهيم.(1997) . نظم الري بالتنقيط. قسم الهندسة الزراعية. كلية الزراعة. جامعة الملك سعود. المملكة العربية السعودية .

عودة ، بسام . خزام ، بشرى . الجردى ، عبد الكريم . غانم ، نضال وطلال العبدو . (2016) . تأثير استخدام طرائق ري مختلفة على كفاءة استخدام مياه الري لمحصول الذرة الصفراء التكتيفية بمحافظة حمص . المجلة السورية للبحوث الزراعية . (3) 2 : 218-234

غزال ، انتصار محمد و عباده جاسم اسماعيل . (2017) . محاكاة توزيع الرطوبة في التربة تحت الري بالتنقيط وبمياه مختلفة الملوحة باستخدام Hydrus - 2D . مجلة ديالى للعلوم الهندسية . 10 (4) 42-58

فرحان، لؤي داود.(2018). تأثير Vapor Gard كمنشط للنتج في تحسين الحالة المائية لمحصول الطماطم تحت الظروف الجافة. مجلة أبحاث البستنة العراقية، 6(1)، ص. 112-120.

المالكي، رياض جبار منصور . (2003). الفستق السوداني في جنوب العراق: الواقع والآفاق. منشورات وزارة الزراعة العراقية.

محمد، عبدالله حسون . (2007) . زراعة فستق الحقل في العراق/ دراسة في الجغرافية الزراعية. مجلة ديالى العدد (25) : 430 - 447 .

المحمدي ، شكر محمود حسن (2011) . تأثير تصريف المنقطات و ملوحة ماء الري في بعض الصفات الفيزيائية للتربة و التوزيع الملحي و نمو و حاصل البطاطا . اطروحة دكتوراه ، كلية الزراعة جامعة الانبار.

مصطفى، حسن. ماهر، إبراهيم، سعد عباس، ومحمود، علي أحمد. (2018). تأثير تصريف المنقط على التوزيع الرأسي والأفقي للرطوبة في التربة تحت نظام الري بالتنقيط. مجلة البحوث الزراعية، جامعة القاهرة.

المعيني، اياد حسين علي . ومحمد عيود غديرالعبيدي، (2018). أثر الرش بمثبطات النتج على كفاءة استخدام الماء ونمو نبات الحنطة. المجلة العراقية للعلوم الزراعية، 49(4)، ص. 588-595.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2011). الكتاب السنوي للاحصاءات الزراعية العربية للمدة كم 2010-2008.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية. 2000. دراسة تعزيز البحوث المشتركة في مجال تحديد الاحتياجات المائية لمحاصيل الخضر في الدول العربية. الخرطوم. ص 10-33.

نديوي، داخل راضي . علي حمضي ذياب . حسين عبد النبي جويد . (2012) . 1- تأثير تصريف المنقطات و مناوبة ملوحة ماء الري في بعض صفات التربة ونمو نبات الذرة الصفراء 2- كفاءة منظومة الري بالتنقيط وكفاءة استعمال المياه وانتاجية النبات جامعة كربلاء // المؤتمر العلمي الثاني لكلية الزراعة .

الياسري، قاسم بدر إدريس، نديوي، داخل راضي، وذياب، علي حمضي (2019). دراسة العلاقة بين المعايير التصميمية لمنظومة الري بالتنقيط وبعض خصائص التربة وعلاقتها بأداء وتقييم مجلة جامعة ذي قار للبحوث الزراعية، (Zea mays L.) المنظومة ونمو وإنتاجية الذرة الصفراء 8(2)، ص. 135-146.

ياسين، بسام طه. (2001). فسيولوجيا النبات. الموصل: مطبعة جامعة الموصل.

- A.O.A.C. (1975).** Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12th ed. Washington, D.C.: AOAC.
- Abdelrahman, H., Al-Ashkar, I., El-Sayed, M. and El-Bassiouny, H., (2020).** Improving water retention in soils using organic amendments: A sustainable approach. *Sustainability*, 12(10), p.4170.
- Abdullah, A., Ahmed, M. and Ali, M.,(2015).** Anti-transpirants: A tool for improving water use efficiency in field crops under drought stress. *American Journal of Plant Sciences*, 6(2), pp.214–229.
- Abdullah, A.S., Ahmed, S.A., Saeed, A.A. and Rahman, M.M. (2015).** Effect of antitranspirants on plant growth and water-use efficiency under deficit irrigation conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7(2), pp.78–85.
- Abiven, S., Hengartner, P., Schneider, M.P.W., Singh, N. and Schmidt, M.W.I. (2014).** Pyrogenic carbon soluble fraction is larger and more aromatic in aged biochar than in fresh biochar. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, pp.372–382.
- Acar, B., Topak, R. and Dagdelen, N. (2009).** Use of drip irrigation system on sloped lands: Hydraulic design and field observations. *Agricultural Water Management*, 96(9), pp.1334–1340.
- Adams, P.,(2016).** Water Retention and Drainage Properties of Horticultural Substrates. *Acta Horticulturae*, 1112, pp.47–54.
- Addae, P.,(2022).** Influence of perlite-amended media on root elongation and biomass of *Theobroma cacao* L. seedlings. *West African Journal of Agricultural Research*, 30(2), pp.88–95.

Adebayo, A.G. and Onwuka, B.M.,(2019). Influence of perlite as a soil amendment on the growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 21(5), pp.1052–1058.

Agboola, A.A. and Omueti, J.A.I.,(2022). Antitranspirant role of okra mucilage and potassium silicate on vegetative development of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 17(7), pp.951–959.

Aguirre-García, F., Muñoz-Romero, V., Rodríguez-Díaz, J.A. and Cuevas, J. (2021). Influence of soil moisture and vegetation cover on actual evapotranspiration in Mediterranean agroecosystems. *Agricultural Water Management*, 254, 106947.

Ahmed, S. and Hassan, M., (2021). Effect of perlite as a growth media on physiological traits and plant height of soybean. *Plant Archives*, 21(2), pp.1471–1476..

Alabdulrahman, H.,(2022). Role of biochar in improving vegetative growth traits in legumes under arid conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24(3), pp.331–338.

Al-Ansari,N. A. (2013). Management of Water Resources in Iraq: Perspectives and Prognoses. *Engineering*, Pp.667-684 Published Online August.

Alderfasi, A. and D. Nielsen. (2001). Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat .*Agric Water Manage.* 47: 69-75.

Al-Hilfy, I.H.H. And Al-Muger, H.A.H.M. (2016). Growth and yield of peanuts as affected by planting method and plant population. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 47(5), 1181–1187.

Al-Hurmuzi, A.J. and Topak, R. (2018). Economic evaluation of drip irrigation lateral spacing for field crops in arid regions. *Irrigation Science*, 36(4), pp. 411–420.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO.

Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S. and Perrier, A. (1994). An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, 43(2), pp.1–34.

Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S. and Perrier, A. (2001). Evapotranspiration and irrigation scheduling: an update for the FAO approach. *Agricultural Water Management*, 47(1), pp.11–25.

Al-Naeem, A.A. (2001). Water requirement for wheat crop under arid environment in Saudi Arabia. *Agricultural Sciences Journal*, 6(2), pp.95–104.

Al-Omran, A.M., Al-Harbi, A., Wahb-Allah, M. and Nadeem, M. (2004). Determination of water use efficiency for vegetable crops under arid conditions. *Journal of Arid Environments*, 56(3), pp.477–487.

AL-Saad, N.M. and AL-Kaisy, H.M. (2010). Development of peanut crop production under Iraqi conditions. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 38(4), pp.78–89.

Amayreh, J., And Al-Abed, N. (2005). Developing crop coefficients for field-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under drip irrigation with mulch in Jordan Valley. *Agricultural Water Management*, 73(1), 1–7.

- Arnon, D.I. (1949).** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), pp.1–15.
- Arora, V.K. (2004).** Irrigation water requirements of crops under field conditions. *Journal of Agronomy*, 22(1), pp.33–45.
- Aslan, F., Kaya, G., Demir, H. And Yildiz, S. (2018).** Effects of soil amendments on soil physical properties and pore size distribution. *Journal of Soil Science*, 24(3), 50–58.
- Augustenborg, C.A., Hepp, S., Kammann, C., Hagan, D., Schmidt, O. and Müller, C. (2012).** Biochar and earthworm effects on soil nitrous oxide and carbon dioxide emissions. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), pp.1203–1209.
- Balasubramanian, P., Babu, R., Chinnamuthu, C.R., Kumutha, K. And Mahendran, P.P. (2020).** Influence of irrigation scheduling and nutrient application on water use, productivity and profitability of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Legume Research*, 46(12), 1610–1616.
- Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D.J. and Makin, I.W. (2005).** Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management*, 46(2), pp.137–155.
- Berca, M., Andrei, M., Rusu, R.D. and Marin, D.I. (2021).** Assessment of actual evapotranspiration in agriculture under different irrigation strategies. *Romanian Agricultural Research*, 38, pp.132–140.
- Biederman, L.A. and Harpole, W.S. (2013).** Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 5(2), pp.202–214.

Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E. and Clark, F.E. (1965). Methods of Soil Analysis: Part I Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Brady, N.C. and Weil, R.R. (2016). *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed. Harlow: Pearson Education.

Brassard, P., Godbout, S. and Raghavan, V. (2016). Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: key parameters and mechanisms involved. *Journal of Environmental Management*, 181, pp.484–497.

Brown, R.A., Kercher, A.K., Nguyen, T.H., Nagle, D.C. and Ball, W.P. (2006). Production and characterization of synthetic wood chars for use as surrogates for natural sorbents. *Organic Geochemistry*, 37(3), pp.321–333.

Bucks, D. A. L. J. Erie O. F. French, F. S. Nakayama and W. D. Pew. 1981. Subsurface trickle irrigation management with multiple cropping. *Trans. ASAE*. 24(6): 1482-1489.

Campo, J., Masiá, A., Blasco, C. and Picó, Y. (2015). Biochar effects on the sorption, degradation and bioavailability of pharmaceuticals in soil. *Science of the Total Environment*, 537, pp.312–320.

Čereković, N., Ljubešić, M., And Marušić, J. (2010). Determination of crop coefficients and their application in irrigation scheduling for soybean. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75(1), 1–7.

Chouhan, R.K., Sharma, P.K. And Yadav, R.N. (2015). Effect of lateral and emitter spacing on moisture distribution in loamy soil. *International Journal of Agriculture Sciences*, 7(4), pp.541–546.

- Chouhan, S.S., Shrivastava, A.K., Bhaskar, K.P. (2015).** Moisture distribution patterns under varied drip lateral spacing in sandy loam soils. *Soil and Tillage Research*, 147, pp. 89–96.
- Çiftçi, N. and Suna, S. (2022).** Chemical and nutritional composition of peanut and its use in food products: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 59(5), pp.1699–1710.
- Clymo, R.S. (1983).** *Peat*. In: Gore, A.J.P. (ed.) *Ecosystems of the World 4A: Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor*. Amsterdam: Elsevier, pp.159–224.
- Contore, D., Ronga, D., Pentangelo, A., Sellitto, V.M. and Mori, M. (2009).** Use of reflective antitranspirants to reduce transpiration in horticultural crops under water stress. *Italian Journal of Agronomy*, 4(3), pp.183–190.
- Couto, E.G., Johnson, M.S. and Lehmann, J. (2013).** Improved water use efficiency with drip irrigation in semi-arid agriculture. *Agricultural Water Management*, 117, pp.45–54.
- Couwenberg, J. (2011).** *Greenhouse gas emissions from managed peat soils: is the IPCC reporting guidance realistic?*. *Mires and Peat*, 8(2), pp.1–10.
- Cramer, G.R. and Collinge, D.B. (1994).** A role for potassium in stomatal regulation under drought stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 32(5), pp.675–683.
- Dangar, D., Patel, N., Mehta, K. (2017).** Effect of drip lateral spacing on water distribution and crop yield under arid conditions. *Journal of Agricultural Engineering*, 54(2), pp. 101–108.

- Dangar, D.R., Patel, H.R. And Pandey, V.C. (2017).** Emitter spacing effect on water loss and maize yield under drip irrigation in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 190, pp.85–94.
- Darouich, H., Fakir, Y., Boulet, G. and Er-Raki, S. (2021).** Assessing and mapping crop water requirements and water productivity of wheat in a semi-arid region using remote sensing and the FAO AquaCrop model. *Agricultural Water Management*, 253, 106900.
- Del Amor, F.M. (2010).** Improving the water use efficiency of young citrus trees by foliar application of antitranspirants. *Agricultural Water Management*, 97(11), pp.1596–1602.
- Ding, Y., Liu, Y. and Wang, J., (2021).** Biochar amendment improves soil fertility and crop productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, 190, p.104528
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zeng, G., Zhou, L. and Zheng, B. (2016).** Biochar to improve soil fertility: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(2), p.36.
- Edalatpour, S., Alimohammadi, A., Abbaspour-Gilandeh, Y. and Moradi, H. (2018).** Estimating soil evaporation using artificial neural networks and empirical equations under different climatic conditions. *Journal of Hydrology*, 565, pp.588–601.
- Eid, R.A., Hassan, R.A. And Ibrahim, M.F. (2014).** Effect of soil surface leveling on irrigation water distribution. *Journal of Irrigation and Drainage*, 63(3), pp.276–282.
- El-Affi, S.M. and Ibrahim, M.E. (2018).** *Effect of natural antitranspirants extracted from Okra on wheat plants under water stress conditions.* *Egyptian Journal of Agronomy*, 40(2), pp.175–186.

- El-Hafedh ,M. ,Boujelben ,A. ,And Chaieb ,R. (2001).** Soil water dynamics under surface drip irrigation system in clay soils. *Agricultural Water Management*, 49(1), 1–10.
- El-Moula, M.K., Soliman, S.M. and Fathy, E., (2024).** Effect of peat-based substrates on root development in legume seedlings under nursery conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24(1), pp.101–109.
- El-Shazly, A. and Hegab, M., (2023).** Effect of natural antitranspirants on vegetative traits of groundnut under water stress. *International Journal of Plant Production*, 17(2), pp.145–153.
- Epstein, E. (1999).** Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, pp.641–664.
- Ertek, A. (2011).** Crop coefficient of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different irrigation regimes in semiarid climate. *African Journal of Biotechnology*, 10(85), 19689–19697.
- Ewaid, S.H., Abed, S.A. and Al-Ansari, N. (2019).** Crop water requirements and irrigation scheduling for some major crops in southern Iraq. *Water*, 11(4), 756.
- FAO (1998).** *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., Teixeira, E., Toth, G., van Velthuizen, H. (2019).** Spacing effect of drip lines on crop productivity in Mediterranean soils. *Agricultural Water Management*, 214, pp. 32–39.

Flexas, J., Escalona, J.M. and Medrano, H. (2002). Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany*, 89(2), pp.183–189.

Gardenas, A.I., Hopmans, J.W., Hanson, B.R. and Šimůnek, J. (2005). Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agricultural Water Management*, 74(3), 219–242

Goldberg, D. and M. Shameulli. 1970. Irrigation method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. *Trans. ASAE*. 13: 38-41.

Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. and Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169(2), pp.313–321.

Gong, H.J., Chen, K.M., Zhao, Z.G., Chen, G.C. and Zhou, W.J. (2003). Effects of silicon on growth and drought resistance in wheat seedlings. *Plant Science*, 165(4), pp. 801–807.

González-Piqueras, J., Calatayud, Á. and Amorós, A., (2020). Water requirements and crop coefficients of pepper and cucumber grown under greenhouse conditions. *Agricultural Water Management*, 237, p.106195.

Goyal, M.R. and Sankat, C.K. (2006). Evaporation and irrigation demand. In: *Principles of Soil Physics*. CRC Press, pp.231–245.

Goyal, R.K., Singh, D. and Verma, A. (2015). Fertigation efficiency and water saving potential of drip irrigation systems. *Journal of Irrigation Engineering*, 141(6), pp.04015001.

Hala, M.S., Farouk, H. and El-Nashar, D.A.,(2025). Influence of microbial biofertilizers and organic amendments on leaf area and growth of

Borlotti beans (*Phaseolus vulgaris*) under field conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 188(1), pp.47–55. DOI pending – early view article.

Hamouda, M. and Ventura, F. (2020). Modeling evapotranspiration in arid regions using Penman-Monteith and satellite-derived data. *Agricultural Water Management*, 240, 106316.

Han, J., Gao, Y. and Liu, J.,(2023). Biochar improves water productivity and drought resilience of crops: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 279, p.108172.

Hanks, R.J. and Barros, O.F. (1993). Evaporation reduction with crop residues. *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(6), pp.492–495.

Harris, D. and Eshkab, B.,(2020). The impact of perlite amendment on branching and water use efficiency in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Soil and Tillage Research*, 201, p.104623.

Hasan, M.A. (2023). Eco-physiological responses of crop plants to natural antitranspirants under water-deficit conditions. *Journal of Plant Stress Physiology*, 10(1), pp.33–45.

Hassanein, M.S. and El-Sayed, S.H.,(2022). Role of potassium silicate in mitigating drought effects and enhancing growth of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(5), pp.625–639.

Himanshu, S.K., Pandey, A. And Pandey, V. (2012). Soil moisture dynamics under different irrigation schedules. *Agricultural Water Management*, 115, pp.115–122.

Hygienus, O.A., (2025). Effect of okra mucilage foliar spray on chlorophyll content and drought tolerance in *Abelmoschus esculentus* under water

stress. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 112, pp.27–35 DOI pending – early view article.

Igalavithana, A.D., Mandal, S., Ok, Y.S. and Tsang, D.C.W., (2022). Biochar improves soil water retention and reduces irrigation need in agricultural soils: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 826, p.154155.

International Commission on Irrigation and Drainage (ICID). (2017). World Irrigation and Drainage Status Report 2017. New Delhi: ICID.

Ippolito, J.A., Laird, D.A. and Busscher, W.J. (2011). Environmental Benefits of Biochar. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), pp.967–972.

Jackson, M.L. (1958). Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

Janan, M.K. and Ramazan, A.H. (2018). Influence of drip line spacing on yield and water productivity of sweet corn. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, 7(3), pp. 171–179.

Jensen, M.E. (1968). Water consumption by agricultural plants. *In: Kozlowski, T.T. (ed.), Water Deficits and Plant Growth*, Vol. II. Academic Press, New York, pp. 1–22.

Jerca, I., Radu, V., Popescu, M. and Croitoru, M. (2015). Influence of Perlite on Water Retention and Yield in Horticultural Crops. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, pp.253–259.

Joosten, H. and Clarke, D. (2002). *Wise Use of Mires and Peatlands – Background and Principles including a Framework for Decision-making*. Saarijärvi, Finland: International Mire Conservation Group and International Peat Society.

- Jovanovic, N., Israel, S. and Annandale, J.G. (2020).** Water use and evapotranspiration estimation for agricultural systems under water stress. *Agricultural Water Management*, 241, 106363.
- Jury, W.A., Gardner, W.R. and Gardner, W.H. (1991).** *Soil Physics*. 5th ed. New York: John Wiley And Sons.
- Kang, Y., Li, Z. and Choi, Y.H., (2021).** Improving leaf area and physiological responses of soybean using perlite-based growing media. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24(2), pp.155–162.
- Kaushal, R., Bhatia, V. and Sharma, P.,(2024).** Plant-based hydrogels and anti-transpirants improve drought resilience and stomatal regulation in pulses. *Frontiers in Plant Science*, 15, p.123456.
- Kaya, C., Ashraf, M. and Alyemeni, M.N., (2020).** Potassium silicate improves plant tolerance to salinity and drought stress in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, pp.513–520.
- Khaled, H., Fawy, H.A. and Youssef, M.A., (2019).** Effect of organic and mineral soil conditioners on water retention and availability in arid soils. *Journal of Arid Environments*, 164, pp.1–8.
- Khalel, M.S. (2015).** Antitranspirant application improves water retention and water use efficiency in wheat under arid conditions. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(4), pp.244–251.
- Khan, A., Nawaz, M., and Shahid, M.,(2023).** Improving irrigation efficiency using biochar in legumes under arid climates. *Agricultural Water Management*, 280, p.108-292.
- Khan, S., Abbas, A., Rana, T. and Carroll, J. (2020).** Estimating crop water requirements under changing climate conditions. *Environmental Earth Sciences*, 79(11), pp.1–12.

Kirda, C. (2000). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices, FAO; 3-10

Kisekka, I., Schlegel, A., Stone, L. and Jessup, K. (2010).

Evapotranspiration and crop coefficients for sorghum in a semi-arid climate. Agricultural Water Management, 97(9), pp.1379–1384.

Kisekka, I., Schlegel, A., Stone, L. and Jessup, K. (2010). Irrigation scheduling and management to improve water productivity of grain sorghum under deficit irrigation. Agricultural Water Management, 97(6), pp.845–851.

Kisekka, I., Stone, L., Schlegel, A. and Gowda, P. (2009). Evaluating crop production based on actual evapotranspiration rather than applied water in semi-arid regions. Agricultural Water Management, 96(11), pp.1668–1674.

Kishor, P., Kumar, M., Rajput, V.D., Minkina, T., and Kalaji, H.M. (2020). Natural antitranspirants and their role in plant adaptation to drought and salinity stress: physiological insights and field application. Environmental and Experimental Botany, 179, 104206.

Kiziloglu, F.M., Aydin, M. and Yildirim, O., (2023). Influence of biochar on leaf area development and nutrient uptake in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under saline soil conditions. Agricultural Water Management, 279, p.108237.

Klute, A. (1986). Methods of Soil Analysis: Part I. Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Kotadiya, M., Patel, J. and Mehta, H.,(2021). Role of foliar anti-transpirants in improving water use efficiency in field crops under drought.

International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 10(2), pp.234–243.

Koumanov, K.S., Allen, R.G. and Pruitt, W.O. (2003).

Evapotranspiration and water stress. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129(6), pp.405–413.

Koziół, M., Kowalska, I., Nowak, A. and Duda, R. (2024). The Role of Natural Materials in Sustainable Agriculture: A Global Perspective. Journal of Environmental Science and Agriculture, 58(2), pp.112–126.

Kumar, V. and Rani, R.,(2022). Influence of foliar application of botanical extracts and potassium silicate on growth performance of cowpea. Legume Research, 45(12), pp.1449–1454.

Lal, R. (2004). *Soil carbon sequestration to mitigate climate change.* Geoderma, 123(1–2), pp.1–22.

Lamichhane, J.R., (2023). Effect of peat and biochar mixtures on vegetative growth of ornamental and vegetable crops. Horticulturae, 9(4), p.415.

Lamiter, J. (2020). Plant transpiration under water-limited conditions and its impact on growth. *Plant Physiology Reports*, 45(2), 85–90.

Lazzara, P. and Rana, G. (2010). Effect of irrigation regimes on the evapotranspiration and yield of maize in a Mediterranean climate. Agricultural Water Management, 97(1), pp.109–118.

Lazzara, P. and Rana, G. (2010). Evapotranspiration and crop coefficients in Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, 98(2), pp.301–307.

- Lazzara, P., And Rana, G. (2010).** Crop coefficients, canopy resistance and evapotranspiration of two olive groves in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, 97(6), 856–864.
- Lehmann, J. and Joseph, S. (2009).** Biochar for Environmental Management: Science and Technology. London: Earthscan.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. and Crowley, D. (2011).** Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), pp.1812–1836.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. and Crowley, D., (2009).** Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), pp.1812–1836.
- Leithy, S.Z., Abdelhamid, M.T. and Gaballah, M.S. (2015).** Effect of wax-based antitranspirants on growth and productivity of drought-stressed wheat plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(1), pp.27–34.
- Li, Q., Chen, W. and Zhao, Z., (2023).** Integrated water-saving agricultural practices: Synergistic effect of soil and foliar amendments. *Field Crops Research*, 295, p.108921.
- Li, Y., Gielis, J., Shi, P., Ratkowsky, D.A., Zhang, L., And Lin, S. (2018).** A general leaf area geometric formula exists for plants—Evidence from the simplified Gielis equation. *Forests*, 9(11), 714.
- Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. and Ding, R. (1996).** Effects of silicon on the growth and drought resistance of wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 19(2), pp.297–311.

Liou, Y. A., And Kar, S. K. (2014). Evapotranspiration estimation with remote sensing and various surface energy balance algorithms—A review. *Energies*, 7(5), 2821-2849

Liou, Y. A., and S. K. Kar, (2014). Evapotranspiration estimation with remote sensing and various surface energy balance algorithms—A review. *Energies*, 7(5), 2821-2849.

Liu, B., Wang, X. and Zhou, M., (2022). Combining soil conditioners and anti-transpirants improves water use efficiency under drought. *Agricultural Systems*, 196, p.103320.

Liu, C., Zhang, X. and Zhang, Y. (2002). Determinants of crop water requirements in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 55(1), pp.1–13.

Liu, Z., Y.Wang, , A., Tian, A. A., Webb, P., Yu, W., Xiong,... and Y.Wang, (2018). Modeling the response of daily evapotranspiration and its components of a larch plantation to the variation of weather, soil moisture, and canopy leaf area index. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(14), 7354-7374.

Ma, J.F. and Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11(8), pp.392–397.

Mahesh, M., Sharma, S. and Verma, P.,(2019). Role of plant-based extracts in enhancing nutrient uptake and water use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 42(18), pp.2351–2364.

Manasa, B., et al. (2015). Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A review on health benefits and nutritional composition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(3), pp.991–998.

Mandeewal, R.L., Soni, M.L., Gulati, I.J., Yadava, N.D., Nangiya, V., Birbal And Kumawat, A. (2022). Effect of irrigation and nitrogen on yield and water productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba*). *Annals of Plant and Soil Research*, 24(2), 282–287.

Mansfield, T.A., Hetherington, A.M. and Atkinson, C.J. (1990). Stomatal behaviour in drought-stressed plants. In: Wilkinson, R.E. (ed.) *Plant–Environment Interactions*. New York: Marcel Dekker, pp.241–264.

Manzoni, S., Vico, G., Katul, G., Palmroth, S. and Porporato, A. (2013). Hydraulic limits on maximum plant transpiration and the emergence of the safety-efficiency trade-off. *New Phytologist*, 198(1), pp.169–178.

Markoska, V., Zdraveva, P. and Mukaetov, D. (2018). Effect of Perlite as a Soil Conditioner on Physical Properties of Soil and Yield of Tomato Plants. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 8(2), pp.112–120.

Marks, E.A.N., Alcañiz, J.M. and Domene, X. (2014a). Unintended effects of biochars on short-term plant growth in a calcareous soil. *Plant and Soil*, 374(1–2), pp.253–266.

Marks, E.A.N., Mattana, S., Alcañiz, J.M. and Domene, X. (2014b). Biochars provoke diverse soil mesofauna reproductive responses in laboratory bioassays. *European Journal of Soil Biology*, 60, pp.104–111.

Marschner, P. (2012). *Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. London: Academic Press.

Maselli, F., Papale, D., Chirici, G. and Bottai, L. (2020). Modeling of canopy transpiration and evaporation for forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 461, 117931.

- Masia, S., Fernandez, J.E., Perez-Martin, A. and Testi, L. (2021).** Estimating crop water requirements under climate change scenarios: a modelling approach. *Agricultural Systems*, 193, 103269.
- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., Breshears, D.D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D.G. and Yezzer, E.A. (2008).** Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?. *New Phytologist*, 178(4), pp.719–739.
- Medeiros, P.R.F., Oliveira, L.M.M., And Souza, A.H. (2005).** Estimation of crop coefficients and water requirements for irrigated crops in semi-arid conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(1), 63–69.
- MH, R., Al-Khafaji, A.H. and Salman, S.A.,(2024).** Influence of peat moss and organic soil conditioners on fresh biomass accumulation in legumes under semi-arid conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 19(2), pp.113–120. (DOI pending – accepted manuscript).
- Mokhtari, A., Ranjbar, M. and Kafi, M. (2006).** Effect of water stress on yield and yield components of wheat during different growth stages. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), pp.55–62.
- Moon, T., J. W., Lee, and J. E Son., (2019).** Estimating transpiration rates of hydroponically-grown paprika via an artificial neural network using aerial and root-zone environments and growth factors in greenhouses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 60(6), 913-923.
- Moon, Y.H., Yu, J.H., Lee, Y.M. and Kim, H.S. (2019).** Stomatal response and transpiration efficiency in crops under varying water supply. *Plant Physiology Reports*, 24(2), pp.215–223.

- Mostafa, H., Elnady, A., And El-Ansary, M. (2018).** Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid condition ecological engineering Journal. 32-43
- Moursy, A.S. (2017).** Enhancing water productivity through optimized drip irrigation spacing. In: Proceedings of the Arab Conference on Modern Irrigation Technologies, Cairo, Egypt.
- Mubarak, M.A. (2020).** Impact of drip line spacing on water use efficiency in maize production under arid conditions. International Journal of Agricultural Technology, 16(3), pp.591–601.
- Muhammad, A. and Sani, M.,(2022).** Role of peat moss as a soil amendment for enhancing growth attributes of cowpea under arid conditions. Journal of Arid Agriculture, 8(1), pp.12–19.
- Muyanda, L.,(2022).** Effect of biochar application on structural development of vegetable seedlings under water-limited conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22(1), pp.100–109.
- Mwanamwenge, J., Musonda, L. and Phiri, D.,(2024).** Enhancing groundnut yield using plant-based antitranspirants under semi-arid conditions. Field Crops Research, 296, p.108918.
- Myers, J. M. and S. J. Locascio.** 1972. Efficiency of irrigation methods for strawberries. Proc. fla. State Hort. Soc. 85: 114-117.
- Nabanita, S., Dey, A. and Roy, S. (2018).** Evaluation of drip irrigation as a sustainable technique in water-scarce regions. Agricultural Water Management, 210, pp.60–68.
- Nagalakshmi, M., Reddy, B.P., and Sridevi, G.,(2023).** Influence of botanical anti-transpirants on physiological efficiency and water saving in legume crops. Journal of Agronomy and Crop Science, 209(5), pp.841–850.

- Nelson, P.V. (2012).** Greenhouse Operation and Management. 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, pp.134–139.
- Olaoye, G. and Aliyu, M.,(2021).** Structural growth response of soybean (*Glycine max L.*) to organic and inorganic soil amendments. *African Journal of Agricultural Research*, 16(6), pp.893–900.
- Oren, R., Sperry, J.S., Katul, G.G., Pataki, D.E., Ewers, B.E., Phillips, N. and Schäfer, K.V.R. (1998).** Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22(12), pp.1515–1526.
- Ouerghi, Z., Attia, H., Denden, M. and Rejeb, S. (2014).** Improving water status and yield of tomato plants using natural and synthetic antitranspirants. *Journal of Stress Physiology And Biochemistry*, 10(3), pp.55–63.
- Ouerghi, Z., Attia, H., Denden, M. and Rejeb, S. (2014).** Improving water status and yield of wheat and barley plants using natural and synthetic antitranspirants. *Journal of Plant Stress Physiology*, 10(2), pp.88–96.
- Oweis, T. and Tavakoli, A.R. (2004).** Water-use efficiency in agriculture: measurement, challenges and opportunities. ICARDA Publications, Aleppo, Syria.
- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (1982).** Methods of Soil Analysis: Part II. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Pandey, R.K., Maranville, J.W. and Admou, A. (2000).** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a semi-arid environment: I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46(1), pp.1–13.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences, 193(1032), 120-145 .

Pereira, L.S., Paredes, P., Melo-Abreu, J.P. and Allen, R.G. (2021). Crop Evapotranspiration and Irrigation Scheduling: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 Update. Rome: FAO.

Phene, C. J., Y. Bar, R. B. Hutmacher, S. H. Patton, K. R. Davis and R. L. McCormic. 1986. Fertilization of high – yielding subsurface trickle irrigated tomatoes. Proc. Fertilizer conf. and Trade Exhibit, Fresno, CA, pp. 33-43.

Piedallu, C., Gégout, J.C., Perez, V. and Ruffinoni, C. (2019). Actual evapotranspiration as a key indicator for mapping potential vegetation distribution in a warming climate. Forest Ecology and Management, 432, pp.312–321.

Pradhan, A., Yadav, P. and Singh, S.,(2022). Organic amendments and natural hydrogels for enhancing soil moisture and crop resilience. Agronomy, 12(6), p.1200.

Prakash, M. and Ramachandran, K. (2018). Role of antitranspirants in improving crop productivity under water stress. Journal of Plant Stress Physiology, 5(1), pp.10–16.

Qader, S.H., Karim, A.J. and Aziz, S.A. (2018). Assessment of crop water requirements for major field crops in Kurdistan Region using CROPWAT 8.0 model. Zanco Journal of Pure and Applied Sciences, 30(4), pp.91–102.

- Rana, G., And Katerji, N. (2008).** A measurement-based sensitivity analysis of the FAO-56 crop coefficient. *Agricultural Water Management*, 98(5), 684–696.
- Rani, R. and Kumar, V.,(2022).** Effect of foliar application of potassium silicate and plant extracts on stem thickness and water balance in cowpea. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 25(3), pp.455–461.
- Rathore, R. and Sankhla, N.,(2022).** Effect of organic amendments and anti-transpirants on vegetative growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 11(3), pp.579–584.
- Raveendran, M., Kambale, R., Muthurajan, R., Sundaram, R.M. And Babu, R. (2018).** Comparative Study on Backcross Inbred Lines of IR64 Rice (*Oryza sativa* L.) Introgressed with Drought QTLs under Varied Moisture Regimes over Different Seasons. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), 2716–2725.
- Raza, A., Razzaq, A., and Mehmood, S.,(2021).** Role of silicon in drought stress tolerance and water use efficiency in legumes: Physiological and molecular insights. *Environmental and Experimental Botany*, 185, p.104407.
- Richards, L.A. (1954).** Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60. USDA, Washington, D.C.
- Rodrigues, G.C. and Baga, S. (2021).** Reference evapotranspiration modeling under climate change scenarios using Penman-Monteith equation. *Agricultural Water Management*, 253, 106944.
- Rogers, D. H. (1995).** Using evapotranspiration reports for furrow Irrigation scheduling. Irrigation management series. U.S. department of agriculture cooperative state research service under agreement. No. 93-34296-8454.P.6.

- Safaei, M., Ramesh, S., Mehdinia, A., Esrafil, A. and Gupta, V.K. (2016).** Application of biochar for removing pollutants from wastewater: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139, pp.254–271.
- Sai,(2010).** Water conservation technical Briefs. TB6. Irrigation scheduling. Pp1-27.
- Schmilewski, G. (2009).** Growing medium constituents used in the EU. *Acta Horticulturae*, 819, pp.33–46.
- Shahadha, A., Abbas, H. and Al-Zubaidi, M. (2023).** SoilAmendments and Irrigation Efficiency in Iraqi Agriculture. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 54(4), pp.223–239.
- Shahein, A.H., Mohamed, A.M. and Gendy, A.S., (2025).** Influence of organic substrates on branching and vegetative growth in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Egyptian Journal of Horticulture*, 52(1), pp.15–25DOI not yet assigned – early access article
- Shahrajabian, M.H., Sun, W. and Cheng, Q. (2017).** Water use and water use efficiency in crops under drought stress: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 11(9), pp.1193–1197.
- Shanan, N.T. and Shalaby, M.A. (2011).** Use of antitranspirants for improving water status and productivity of plants under drought stress. *Journal of Horticultural Science And Ornamental Plants*, 3(3), pp.228–237.
- Sharma, R., Mishra, A. and Singh, V.,(2020).** Okra mucilage as a natural anti-transpirant: Effects on leaf physiology and water retention. *Journal of Plant Physiology*, 252, p.153230.
- Singh, R., (2022).** Role of biochar in improving soil-water relations and water productivity: A review. *Environmental Sustainability*, 5(2), pp.145–153.

- Smith L. C. (2006).** International Food Policy Research Institute (2006) Food Insecurity in sub-Saharan Africa: New Estimates from Household Expenditure Surveys
- Smith, M. (1992).** CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 46. Rome: FAO.
- Sokol, R., Toth, T., Kertesz, R. and Lévai, L. (2019).** Challenges in emitter clogging in drip irrigation and maintenance strategies. *Agricultural Engineering*, 23(2), pp.117–126.
- Soylu, M. E., Istanbuluoglu, E., Lenters, J. D., And Wang, T. (2011).** Quantifying the impact of groundwater depth on evapotranspiration in a semi-arid grassland region. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(3), 787-806
- Spokas, K.A., Cantrell, K.B., Novak, J.M., Archer, D.W., Ippolito, J.A. and Lentz, R.D. (2012).** Biochar: a synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), pp.973–989.
- Stavi, I. (2012).** The potential use of biochar in reclaiming degraded rangelands. *Journal of Environmental Planning and Management*, 55(5), pp.657–673.
- Stevens, J. (2006). Managing water use efficiency in agriculture. *Agricultural Water Management*, 85(1–2), pp.30–39.
- Stryker, J.L. (2001).** Economic feasibility of drip irrigation in semi-arid regions. *Water Resources Management*, 15(4), pp.285–297.
- Sutor, J.L., Ritchie, J.T. and Davis, F.M. (2002).** Water loss by evaporation and transpiration in field-grown crops. *Agronomy Journal*, 94(6), pp.1331–1336.
- Tayel, M.Y. (2015).** Design considerations and field performance of drip irrigation systems. *Egyptian Journal of Soil Science*, 55(3), pp.267–275.

- Tezera, W., Dile, Y.T. and Karlberg, L. (2020).** Modeling the impact of climate variability and change on crop water requirements in semi-arid areas. *Agricultural Water Management*, 237, 106149.
- Tolk, J.A. and Howell, T.A. (1999).** Water use and crop coefficients of corn and sorghum grown in the Southern High Plains. *Agricultural Water Management*, 42(2), pp.129–142.
- Toomer, O.T. (2017).** Nutritional chemistry of the peanut (*Arachis hypogaea*). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(17), pp.3042–3053.
- Trigo, R.M., Zêzere, J.L. and Santos, J.A. (2018).** Hydroclimatic monitoring using evapotranspiration indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 134(1-2), pp.251–263.
- Van de Griend, A.A. and Owe, M. (1994).** Bare soil surface resistance to evaporation by vapor diffusion under semiarid conditions. *Water Resources Research*, 30(2), pp.181–193.
- Vasilyeva, N., Petrova, O. and Kozlov, D.,(2024).** Effects of organic and inorganic soil amendments on fresh weight and water use efficiency of vegetable crops. *Soil Use and Management*, 40(1), pp.55–64.
- Velásquez, A. C., Castroverde, C. D. M., and He, S. Y. (2018).** Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Current Biology*, 28(10), R619-R634.
- Venot, J.P., Kuper, M. and Zwarteveen, M. (2017).** Drip irrigation: When innovation meets reality. *Irrigation and Drainage*, 66(1), pp.1–13.
- Verdonck, O. and Demeyer, P. (2004).** The Use of Perlite in Horticultural Substrates. *Acta Horticulturae*, 644, pp.109–117.

- Wahba, M.M., Osman, A.M., Abou-Hadid, A.F. (2018).** Influence of emitter spacing and soil properties on wetted soil volume under drip irrigation. *Water Resources Management*, 32(3), pp. 555–564.
- Wang, F.X. and Wan, S.Q. (2007).** Effect of soil texture on wetting patterns under point source drip irrigation. *Journal of Hydrology*, 343(1–2), pp. 124–133.
- Wang, F.X., Kang, Y. and Liu, S.P. (2017).** Effects of alternate partial root-zone drip irrigation on growth, yield and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*, 88(1), pp.106–113.
- Wang, J., Li, Q., Zhang, H. and Liu, G. (2020).** Improving water use efficiency and yield of maize using drip irrigation under different soil textures. *Irrigation Science*, 38(5), pp.495–509.
- Wang, X., Li, Y., Zhang, M. And Chen, J. (2023).** Effects of antitranspirants on stomatal behavior and water loss in crops. *Journal of Plant Physiology and Ecology*, 59(4), 500–510.
- Wang, Y., Zhang, Q. and Liu, H.,(2019).** Biohydrogels improve water retention and drought tolerance in field crops: A review. *Agricultural Water Management*, 223, p.105689.
- Winsley, P. (2007).** Biochar and bio-energy production for climate change mitigation. *New Zealand Science Review*, 64(1), pp.5–10.
- Xiao, R., Zhao, Y., Wang, Y. and Zhou, Y. (2011).** Evaporation modeling and measurement in agriculture. *Agricultural Sciences in China*, 10(7), pp.1118–1126.
- Xie, H., Chen, X. and Zhang, L., (2021).** Integrated strategies for improving water use efficiency in agriculture. *Water*, 13(9), p.1214.

Yassen, A., Hussein, F. and Gaballah, M. (1992). Comparative study on irrigation methods in Egypt. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 70(4), pp.885–898.

Ydava, D.K. and Meena, N.L., (2022). Effect of biochar on growth and yield of okra under water stress conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(3), pp.45–52.

Zaen, R., Abdo, A.I. and Farouk, S. (2015). Field evaluation of different antitranspirants on wheat under semi-arid conditions. *Journal of Agronomy*, 14(1), pp.1–9.

Zhang, Y., Zhao, J. and Li, X.,(2022). Ursolic acid and cuticle composition in grape leaves: Implications for drought tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 172, pp.1–10.

7. الملاحق Appendices

ملحق (1) مثال يوضح طريقة حساب عمق ماء الري (d) وحجم ماء الري (v) المضاف وزمن الري (T) للريّة الأولى ولعمق 10 سم .

$$\theta \text{ عند السعة الحقلية (0.3 بار)} = 0.370 \text{ [من منحنى الوصف الرطوبي]}$$

$$\theta \text{ عند نقطة الذبول (15 بار)} = 0.178 \text{ [من منحنى الوصف الرطوبي]}$$

$$\text{الماء الجاهز} = 0.178 - 0.370 = 0.192$$

$$50\% \text{ من الماء الجاهز} = 0.5 \times 0.192 = 0.096$$

$$\theta \text{ بعد استنزاف 50\% من الماء الجاهز} = 0.370 - 0.096 = 0.274$$

PW بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز = θ بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز / كثظ

$$20.15\% = 100 \times 0.2015 = 1.36 / 0.274$$

عمق ماء الري يحسب من المعادلة التالية :-

$$d = (\theta_{fc} - \theta_w) \times D$$

θ_{fc} = المحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية.

θ_w = المحتوى الرطوبي الحجمي عند استنزاف 50%.

D = عمق الجذور (سم).

$$d = (0.370 - 0.274) \times 10 = 0.096 = 0.96 \text{ cm} \times 10 = 9.6 \text{ mm}$$

$$\text{المساحة المرطبة} = (d)^2 \times 0.8 = 0.8 \times (0.2)^2 = 0.032 \text{ م}^2$$

d = قطر المساحة المبتلة ، 0.8 = ثابت

نحسب حجم الماء الواجب اضافته من المعادلة التالية :-

$$V = A \times h = 0.032 \text{ m}^2 \times 0.0096 \text{ m} = 0.0003072 \text{ m}^3 \times 1000 = 0.3072 \text{ L}$$

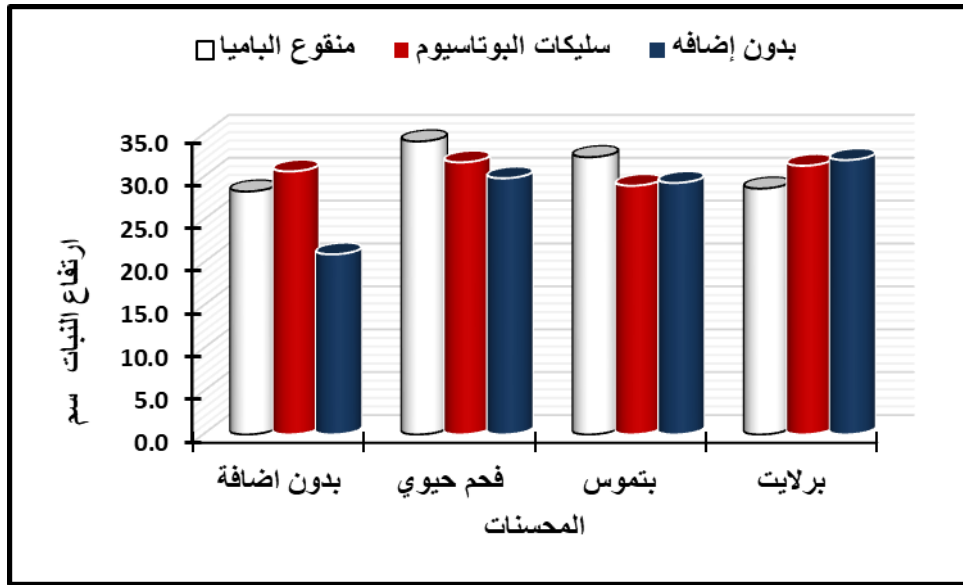
$$Q=v/t$$

$$t=v/Q=0.3072/2.4=0.128\text{ hr.}\times 60=7.68\text{ min.}$$

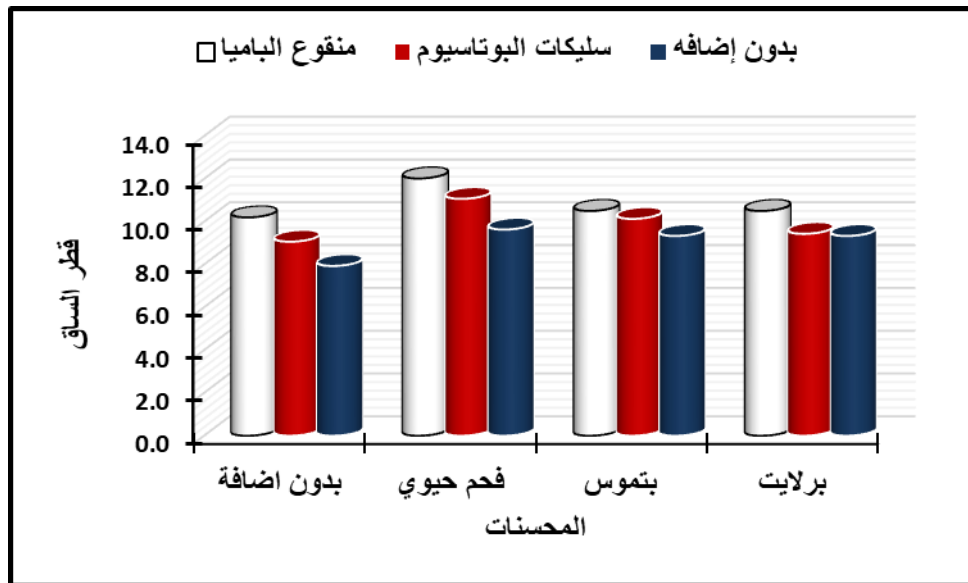
عمق الري الكلي = عدد الريات × عمق الريه الواحدة .

وبنفس الطريقة لبقية الاعماق 20سم، 30سم .

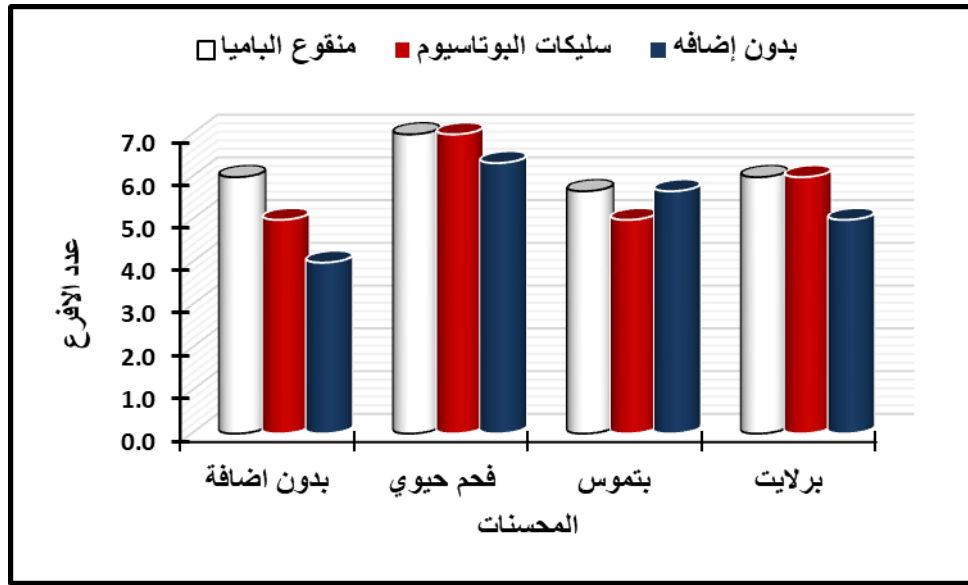
ملحق (2) شكل (7) جدول (10) تأثير معاملات الدراسة على صفة ارتفاع النبات (سم).



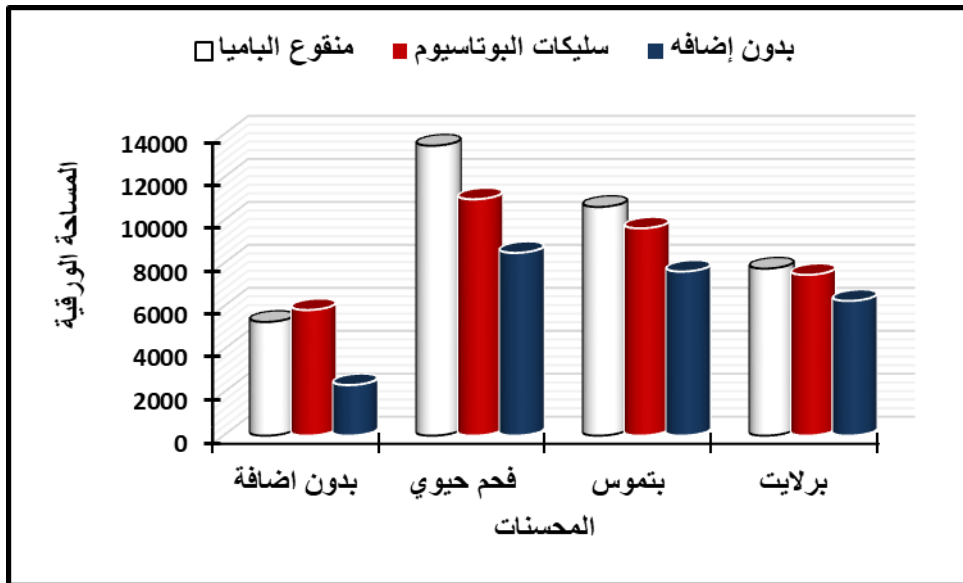
ملحق(3) شكل (8) جدول (11) تأثير معاملات الدراسة على صفة قطر الساق(مم).



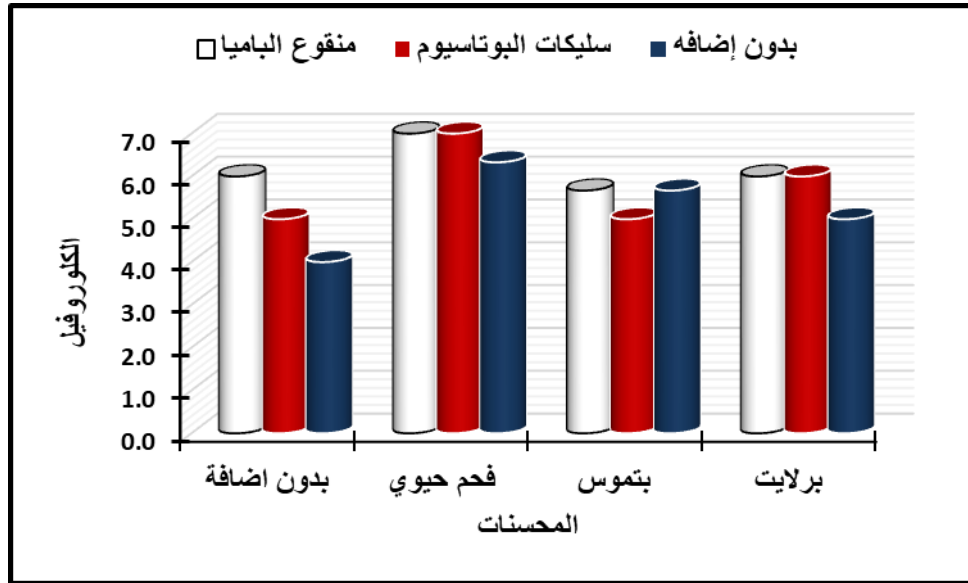
ملحق (4) شكل (9) جدول (12) تأثير معاملات الدراسة على عدد الافرع للمحصول (فرع نبات¹)



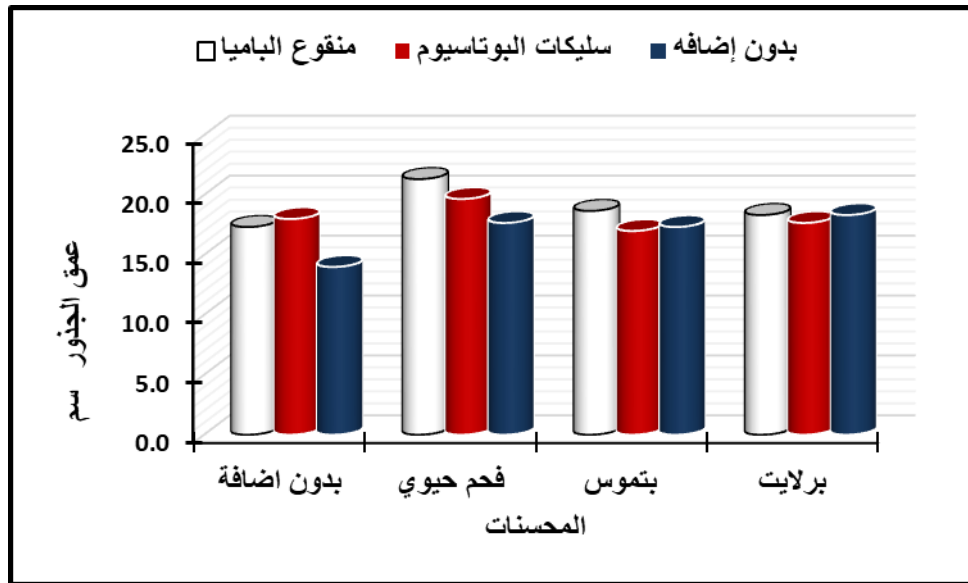
ملحق (5) شكل (10) جدول (13) تأثير معاملات الدراسة على المساحة الورقية (سم²).



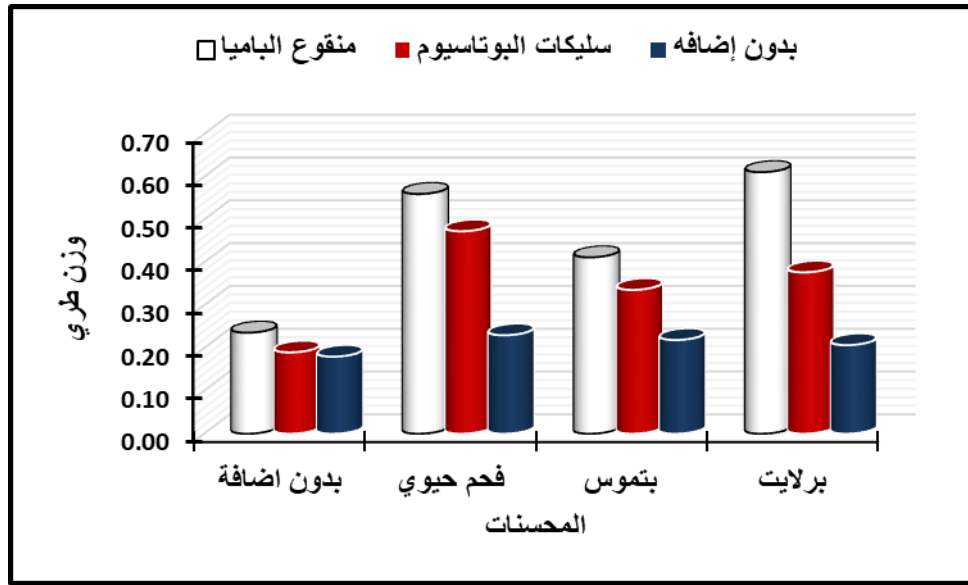
ملحق (6) شكل (11) جدول (14) تأثير معاملات الدراسة على محتوى الاوراق من الكلوروفيل (مغم/غم).



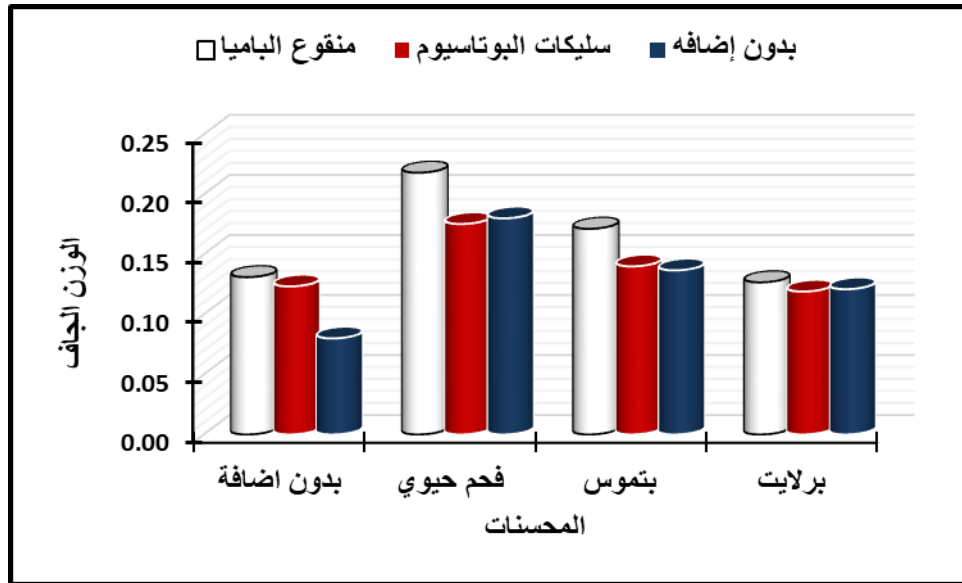
ملحق (7) شكل (12) جدول (15) تأثير معاملات الدراسة على عمق الجذر للمحصول (سم).



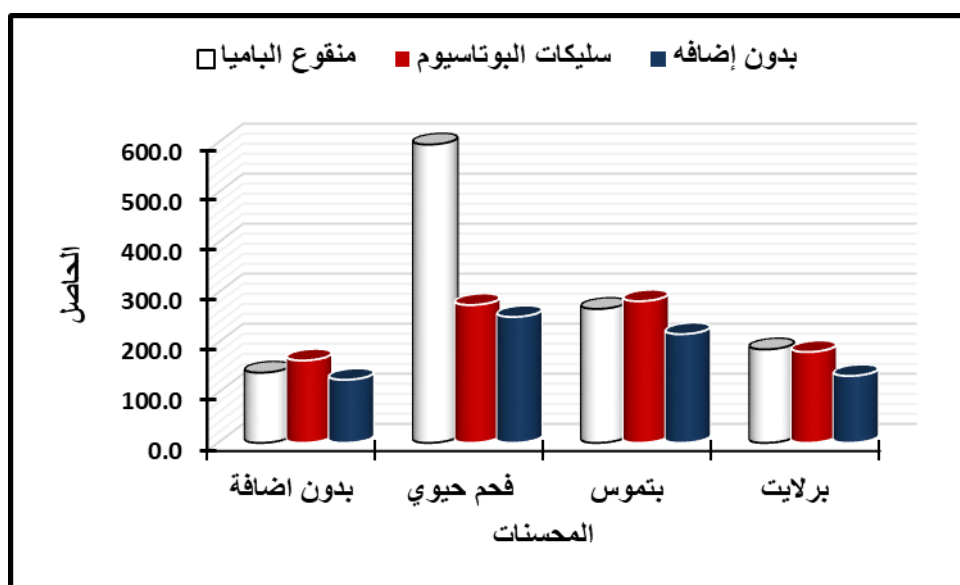
ملحق (8) شكل (13) جدول (16) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الطري للمحصول (كغم).



ملحق (9) شكل (14) جدول (17) تأثير معاملات الدراسة على الوزن الجاف للمحصول (كغم).



ملحق (10) شكل (15) جدول (18) تأثير معاملات الدراسة على صفة الحاصل الكلي (كغم / دونم).



ملحق (11) جدول (20) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط - محطة الكوت شهر 4 لسنة 2024.

Date	Rain (mm)	AT Max (C)	AT Min (C)	AT Avg (C)	RH Max (%)	RH Min (%)	RH Avg (%)	SLR Total (Mj/m ²)	WS Avg (m/s)	WS Max (m/s)	WD (m/s)	ET (mm)
27/4	0	41.38	19.845	30.6125	48.075	13.78	30.9275	20.2	1.55	9.745	245.83	6.7
28/4	0	36.815	21.14	28.9775	54.25	19.22	36.735	17.27	2.395	9.34	189.975	6.8
29/4	0	36.505	17.905	27.205	66.975	20.97	43.9725	20.83	2.64	9.275	232.985	7.4
30/4	5.5	37.05	16.245	26.6475	69.425	16.3	42.8625	23.78	2.04	9.53	176.715	7.2

ملحق (12) جدول (21) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط - محطة الكوت شهر 5 لسنة 2024.

Date	Rain (mm)	AT Max (C)	AT Min (C)	AT Avg (C)	RH Max (%)	RH Min (%)	RH Avg (%)	SLR Total (Mj/m2)	WS Avg (m/s)	WS Max (m/s)	WD (m/s)	ET (mm)
1/5	6.7	36.745	18.47	27.6075	51.755	16.595	34.175	24.6	2.34	8.06	254.145	7.7
2/5	0.4	37.04	19.955	28.4975	40.105	16.17	28.1375	19.89	2.465	8.055	197.09	7.7
3/5	0	37.32	18.525	27.9225	51.44	20.145	35.7925	23.39	1.735	7.11	275.83	6.8
4/5	7.1	39.275	19.455	29.365	51.055	20.095	35.575	23.59	1.675	7.325	228.07	6.9
5/5	0	36.525	21.28	28.9025	47.29	26.075	36.6825	16.57	2.33	8.26	207.995	6.8
6/5	0	38.525	20.42	29.4725	51.095	21.83	36.4625	20.62	1.59	7.385	185.37	6.4
7/5	0	36.915	19.49	28.2025	56.89	21.225	39.0575	23.52	1.73	6.96	259.625	6.7
8/5	0	36.485	18.64	27.5625	51.74	21.56	36.65	24.87	2.41	7.815	315.57	7.8
9/5	0	37.975	21.075	29.525	35.615	18.255	26.935	22.66	2.16	7.67	328.17	7.7
10/5	0	39.395	20.8	30.0975	40.79	14.775	27.7825	20.98	1.675	10.76	323.515	6.9
11/5	0	40.32	21.67	30.995	47.215	14.165	30.69	24.41	3.575	12.245	217.175	10.4
12/5	0	39.615	23.545	31.58	45.405	16.81	31.1075	24.49	4.5	13.745	206.7	11.3
13/5	0	39.82	22.44	31.13	41.73	13.88	27.805	26.54	2.455	8.385	221.49	8.8
14/5	0	40.86	21.925	31.3925	41.15	13.39	27.27	25.27	1.74	8.675	242.135	7.6
15/5	0	40.775	22.66	31.7175	38.41	14.905	26.6575	25.58	2.295	10.595	297.31	8.5
16/5	0	42.39	24.255	33.3225	33.82	13.49	23.655	25.54	1.74	8.62	300.025	7.9
17/5	0	44.515	23.18	33.8475	52.9	14.125	33.5125	25.49	1.735	8.2	249.205	8.1
18/5	0	41.84	25.03	33.435	31.38	13.13	22.255	21.74	2.065	7.48	302.435	8.1
19/5	0	40.14	23.31	31.725	30.11	13.795	21.9525	22.85	3.635	8.305	299.27	10.6
20/5	0	38.98	20.8	29.89	37.235	15.33	26.2825	25.55	5.075	10.255	283.39	12.5
21/5	0	40.7	23.74	32.22	28.055	13.025	20.54	26.33	3.975	9.17	250.21	11.7
22/5	0	42.93	23.48	33.205	31.33	12.585	21.9575	26.17	2.06	8.53	211.245	8.7
23/5	0	40.285	22.16	31.2225	36.625	11.315	23.97	26.01	3.665	7.48	242.06	10.8
24/5	0	37.88	22.25	30.065	31.61	16.365	23.9875	22.55	2.31	7.865	286.805	7.8
25/5	0	35.475	21.045	28.26	39.985	17.435	28.71	25.63	3.355	10.08	288.3	9.3
26/5	0	38.405	18.93	28.6675	44.495	16.02	30.2575	26.26	2.7	8.82	283.4025	9
27/5	0	42.155	20.43	31.2925	44.895	12.345	28.62	26.37	2.255	7.255	224.875	9
28/5	0	41.96	23.285	32.6225	43.68	15.92	29.8	25.1	2.31	7.435	249.3275	8.8
29/5	0	42.475	20.16	31.3175	46.265	13.155	29.71	25.73	3.71	9.275	277.735	11.5
30/5	0	40.53	21.12	30.825	36.22	13.82	25.02	27.05	3.185	10.225	240.91	10.4
31/5	0	39.19667	22.80166	30.99916	33.87334	15.35167	24.6125	25.59	2.998333	9.255	250.2567	9.6

ملحق (13) جدول (22) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط – محطة الكوت شهر 6 لسنة 2024.

6/1/2024	0.00	41.37	21.50	31.44	38.99	14.10	26.54	26.05	1.90	9.41	150.73	8.00
6/2/2024	0.00	42.30	23.16	32.73	35.02	13.43	24.22	26.13	1.71	8.04	140.76	7.90
6/3/2024	0.00	41.00	24.74	32.87	30.69	13.04	21.86	26.85	2.44	10.44	137.51	9.30
6/4/2024	0.00	43.17	23.26	33.21	36.29	13.43	24.86	25.78	1.82	7.66	152.18	8.20
6/5/2024	0.00	45.61	25.45	35.53	31.61	11.98	21.79	25.19	1.73	5.67	159.05	8.30
6/6/2024	0.00	43.54	25.32	34.43	31.13	13.02	22.07	24.26	1.76	7.23	167.07	8.00
6/7/2024	0.00	41.47	23.45	32.46	29.53	12.20	20.86	27.01	2.03	8.48	146.00	8.70
6/8/2024	0.00	40.68	23.09	31.88	34.62	13.14	23.88	26.53	1.86	8.26	111.66	8.10
6/9/2024	0.00	44.01	23.45	33.73	31.38	11.34	21.36	25.74	1.72	8.06	151.83	8.20
2024/10/6	0.20	41.63	24.69	33.16	28.93	14.18	21.56	24.74	2.23	9.63	296.39	8.80
6/11/2024	0.00	39.70	22.91	31.30	31.58	13.73	22.65	27.03	2.18	9.73	152.13	8.60
6/12/2024	0.00	38.62	22.99	30.80	34.40	15.06	24.73	26.88	2.46	10.47	283.10	8.80
6/13/2024	0.00	41.50	23.47	32.49	28.95	11.72	20.33	26.53	2.28	9.45	135.41	9.00
6/14/2024	0.00	42.24	23.26	32.75	28.51	12.11	20.31	26.51	2.57	9.96	145.46	9.70
6/15/2024	0.00	44.43	24.01	34.22	26.09	11.07	18.58	26.19	2.04	8.23	174.99	8.90
6/16/2024	0.00	39.76	24.36	32.06	30.48	13.68	22.08	22.58	2.42	10.13	156.32	8.60
6/17/2024	0.00	38.94	25.47	32.20	29.46	15.47	22.46	26.18	2.37	10.93	270.77	8.80
6/18/2024	0.00	40.77	23.67	32.22	33.89	14.10	23.99	25.36	1.96	8.95	242.85	8.20
6/19/2024	0.00	42.31	25.86	34.08	30.87	13.26	22.06	25.55	1.76	7.81	289.45	8.10
6/20/2024	0.00	43.13	23.98	33.55	31.11	12.21	21.66	26.02	2.24	10.45	297.35	9.10
6/21/2024	0.00	44.55	25.17	34.86	25.88	11.91	18.89	26.34	2.42	9.27	137.24	9.70
6/22/2024	0.00	45.49	26.57	36.03	28.05	13.70	20.87	26.59	2.18	8.67	121.61	9.50
6/23/2024	0.00	45.09	24.37	34.73	32.84	11.70	22.27	25.57	1.57	7.66	115.24	8.00
6/24/2024	0.00	44.77	26.06	35.41	30.53	12.58	21.55	25.32	1.91	8.51	80.45	8.60
6/25/2024	0.00	45.27	26.70	35.99	26.92	11.52	19.22	25.64	2.17	8.35	157.38	9.30
6/26/2024	0.00	46.54	26.71	36.62	24.00	11.17	17.58	25.46	1.98	7.89	170.62	9.10
6/27/2024	0.00	45.69	26.88	36.29	25.29	12.11	18.70	24.94	2.34	8.56	147.30	9.50
6/28/2024	0.00	46.96	26.13	36.54	32.50	13.40	22.95	27.40	3.84	10.36	164.72	12.90
6/29/2024	0.00	45.69	26.01	35.85	27.36	11.36	19.36	26.18	1.78	7.72	253.90	8.60
6/30/2024	0.00	46.76	25.68	36.22	27.83	11.27	19.55	26.36	2.40	9.80	199.20	10.10

ملحق (14) جدول (23) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط - محطة الكوت شهر 7 لسنة 2024.

7/1/2024	0.00	45.70	28.56	37.13	25.75	11.50	18.62	25.45	3.21	10.00	231.22	11.00
7/2/2024	0.00	45.66	27.86	36.76	26.69	12.70	19.70	25.42	2.92	9.50	175.97	10.50
7/3/2024	0.00	45.07	27.37	36.22	28.55	13.02	20.78	23.97	2.44	8.72	288.07	9.40
7/4/2024	-	45.41	27.81	36.61	27.70	12.91	20.30	24.15	2.08	8.74	190.08	8.80
7/5/2024	-	45.89	27.88	36.88	27.61	13.32	20.46	24.04	1.91	8.88	225.07	8.60
7/6/2024	-	46.49	25.88	36.18	34.43	11.85	23.14	25.13	1.64	8.41	223.08	8.20
7/7/2024	-	46.40	26.69	36.55	31.26	13.01	22.13	24.06	1.40	7.13	165.50	7.60
7/8/2024	-	46.29	26.87	36.58	31.87	13.00	22.44	24.43	1.63	7.76	230.12	8.10
7/9/2024	-	46.36	27.43	36.90	28.43	11.31	19.87	24.86	2.53	10.00	121.99	9.90
7/10/2024	-	46.11	27.29	36.70	26.63	11.77	19.20	25.12	2.44	9.07	162.19	9.70
7/11/2024	-	45.43	28.85	37.14	24.89	11.61	18.25	26.39	2.87	9.96	145.19	10.60
7/12/2024	-	44.74	28.39	36.56	21.90	12.20	17.05	26.30	2.78	10.76	271.95	10.40
7/13/2024	-	46.17	26.66	36.41	25.06	11.51	18.29	25.63	2.20	8.07	293.84	9.40
7/14/2024	-	46.27	29.05	37.66	26.76	12.46	19.61	25.37	1.82	8.59	143.11	8.60
7/15/2024	-	46.99	26.96	36.97	31.09	11.40	21.24	25.36	2.17	8.92	303.53	9.40
7/16/2024	-	47.38	26.67	37.03	28.29	10.85	19.57	24.59	2.38	9.73	177.26	9.70
7/17/2024	-	48.21	27.38	37.80	26.54	11.23	18.88	23.42	2.47	7.41	297.77	10.00
7/18/2024	-	48.32	28.63	38.47	23.15	11.58	17.36	24.44	1.83	9.10	151.18	8.70
7/19/2024	-	49.56	29.33	39.44	23.69	11.86	17.77	23.67	1.70	6.97	234.31	8.50
7/20/2024	-	50.46	29.89	40.17	24.95	10.58	17.77	23.36	1.71	7.22	114.59	8.60
7/21/2024	-	48.91	31.10	40.00	25.51	12.85	19.18	23.28	1.22	7.00	154.45	7.20
7/22/2024	-	46.99	28.10	37.54	30.31	14.06	22.18	23.41	2.35	9.57	165.88	9.60
7/23/2024	-	45.02	30.10	37.56	30.11	12.42	21.27	24.46	3.14	10.75	154.63	10.60
7/24/2024	-	47.06	29.10	38.08	29.36	12.71	21.03	23.37	2.19	8.78	156.74	9.10
7/25/2024	-	48.02	30.05	39.03	25.90	11.56	18.73	23.56	2.13	8.43	110.39	9.30
7/26/2024	-	48.86	29.47	39.16	26.32	12.14	19.23	23.77	1.88	7.58	172.44	8.80
7/27/2024	-	45.71	31.02	38.36	23.37	11.31	17.34	24.24	2.38	9.66	292.89	9.50
7/28/2024	-	45.35	26.96	36.15	25.75	13.42	19.58	24.48	1.74	8.82	304.37	8.20
7/29/2024	-	46.40	24.93	35.66	32.66	11.16	21.91	24.46	1.49	7.07	141.44	7.70
7/30/2024	-	46.65	26.02	36.34	29.08	10.20	19.64	24.78	1.67	7.65	278.68	8.10
7/31/2024	-	47.44	25.54	36.49	27.91	10.49	19.20	24.55	1.75	6.51	216.56	8.40

ملحق (15) جدول (24) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط - محطة الكوت شهر 8 لسنة 2024.

8/1/2024	0.00	45.96	27.95	38.37	25.59	11.61	18.60	23.40	2.33	10.90	30.00	9.30
8/2/2024	0.00	44.68	26.09	36.97	24.75	11.34	18.05	24.34	2.21	11.29	42.00	9.00
8/3/2024	0.00	44.48	26.33	35.93	23.84	13.19	18.52	23.15	1.98	11.34	274.00	8.40
8/4/2024	0.00	44.00	23.14	35.14	32.45	14.30	23.38	23.50	1.76	9.81	26.00	7.80
8/5/2024	0.00	44.48	25.56	35.51	24.76	12.25	18.51	23.24	1.56	9.00	308.00	7.40
8/6/2024	0.00	45.72	25.50	36.32	22.29	12.96	17.63	23.39	1.40	9.00	18.00	7.20
8/7/2024	0.00	46.36	25.08	37.08	31.43	11.47	21.45	23.22	1.38	9.00	314.00	7.20
8/8/2024	0.00	46.77	26.67	37.80	24.75	12.32	18.54	22.96	1.84	9.92	336.00	8.30
8/9/2024	0.00	46.37	27.71	37.96	24.04	10.73	17.39	23.35	1.94	10.36	344.00	8.50
8/10/2024	-	46.57	27.19	37.88	24.40	11.53	17.96	23.16	1.89	10.14	340.00	8.40
8/11/2024	0.00	46.50	25.70	37.31	28.06	12.32	20.19	23.25	1.33	9.00	35.00	7.10
8/12/2024	0.00	46.43	26.80	37.53	37.87	12.52	25.20	23.07	1.23	8.23	334.00	6.80
8/13/2024	0.00	46.09	29.72	38.15	23.40	13.06	18.23	23.01	1.87	7.65	38.00	8.20
8/14/2024	0.00	46.63	28.68	38.38	26.10	12.52	19.31	23.20	1.73	8.35	149.00	8.00
8/15/2024	0.00	47.11	26.26	38.15	25.70	10.80	18.25	22.31	1.24	9.00	313.00	6.70
8/16/2024	0.00	48.42	25.42	38.88	28.33	11.37	19.85	22.96	1.42	9.00	354.00	7.40
8/17/2024	0.00	48.29	28.54	38.89	29.40	12.65	21.03	22.66	1.43	6.84	56.00	7.30
8/18/2024	0.00	48.86	27.16	39.61	28.35	12.01	20.18	22.55	1.39	9.00	29.00	7.30
8/19/2024	0.00	48.08	31.41	39.91	19.59	11.61	15.60	22.93	1.88	6.78	38.00	8.40
8/20/2024	0.00	46.50	30.67	39.14	22.99	12.01	17.50	22.35	2.21	12.09	37.00	8.90
8/21/2024	0.00	46.87	30.50	38.47	20.87	11.98	16.43	22.03	1.61	9.76	339.00	7.50
8/22/2024	0.00	46.80	25.99	37.62	31.53	12.82	22.18	21.47	2.16	9.00	39.00	8.70
8/23/2024	0.00	47.98	26.70	37.84	30.02	10.39	20.21	23.03	1.93	7.09	321.00	8.50
8/24/2024	0.00	49.63	27.07	39.49	28.19	11.15	19.67	22.67	1.28	5.80	45.00	7.00
8/25/2024	0.00	49.53	28.04	39.19	31.19	10.66	20.93	21.56	1.09	4.62	36.00	6.40
8/26/2024	0.00	47.27	31.07	38.55	27.71	14.84	21.28	21.79	2.22	8.53	343.00	8.80
8/27/2024	0.00	46.06	31.04	38.55	24.34	15.05	19.70	22.29	2.41	11.12	64.00	9.10
8/28/2024	0.00	45.42	28.98	37.18	28.93	12.75	20.84	22.50	1.96	9.60	19.00	8.10
8/29/2024	0.00	42.25	27.20	34.99	31.43	14.61	23.02	22.80	2.06	9.13	334.00	7.90
8/30/2024	0.00	42.08	26.80	34.06	33.76	13.87	23.82	22.86	2.05	10.30	329.00	7.80
8/31/2024	0.00	41.88	25.89	33.76	38.48	12.96	25.72	22.89	1.89	10.89	320.00	7.50

ملحق (16) جدول (25) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط - محطة الكوت شهر 9 لسنة 2024.

9/1/2024	0.00	42.79	25.33	34.01	32.88	17.47	25.18	22.03	1.51	7.87	23.00	6.70
9/2/2024	0.00	43.23	25.72	35.41	37.84	14.54	26.19	22.12	1.93	9.50	9.00	7.60
9/3/2024	0.00	41.81	27.54	34.68	33.92	14.67	24.30	21.69	2.37	11.09	22.00	8.20
9/4/2024	0.00	42.59	23.84	33.73	34.50	15.01	24.76	22.31	1.99	10.46	342.00	7.60
9/5/2024	0.00	42.15	22.97	33.51	39.80	15.75	27.78	21.58	1.92	9.65	10.00	7.30
9/6/2024	0.00	43.84	28.88	35.84	28.02	15.18	21.60	21.18	2.30	8.56	61.00	8.30
9/7/2024	0.00	43.63	25.45	35.25	30.15	16.19	23.17	21.29	1.78	8.15	341.00	7.20
9/8/2024	0.00	46.13	25.22	36.81	31.83	11.20	21.52	21.04	1.90	9.88	66.00	7.70
9/9/2024	0.00	47.31	27.80	37.59	26.00	11.88	18.94	19.67	1.30	9.00	62.00	6.30
9/10/2024	0.00	48.45	27.58	38.29	27.48	11.14	19.31	20.65	1.06	6.66	317.00	5.80
9/11/2024	0.00	47.17	28.95	37.52	25.66	11.34	18.50	20.29	1.30	7.83	23.00	6.30
9/12/2024	0.00	44.04	29.93	36.32	24.44	12.01	18.23	20.63	2.44	9.48	23.00	8.50
9/13/2024	0.00	41.04	24.15	33.06	37.77	14.67	26.22	20.68	1.85	9.23	317.00	6.90
9/14/2024	0.00	40.63	24.15	31.74	30.22	16.63	23.43	20.52	1.77	8.28	272.00	6.70
9/15/2024	0.00	40.77	18.57	31.15	41.03	15.58	28.31	20.52	1.15	6.68	342.00	5.40
9/16/2024	0.00	42.42	20.98	32.95	43.34	14.20	28.77	20.11	1.03	5.85	41.00	5.30
9/17/2024	0.00	40.80	24.52	32.95	41.21	18.32	29.77	19.41	1.39	6.98	332.00	5.80
9/18/2024	0.00	37.46	24.35	30.98	46.37	19.33	32.85	19.82	1.66	8.38	313.00	5.90
9/19/2024	0.00	38.67	19.78	30.20	44.43	18.01	31.22	19.73	1.17	9.00	47.00	5.10
9/20/2024	0.00	39.89	21.27	31.39	43.86	16.70	30.28	19.32	1.03	5.24	67.00	4.90
9/21/2024	0.00	40.93	21.76	31.79	47.35	15.79	31.57	18.74	1.65	5.91	77.00	6.10
9/22/2024	0.00	42.82	22.56	32.69	34.06	14.81	24.44	18.31	1.30	9.00	307.00	5.60
9/23/2024	0.00	40.15	24.65	32.60	32.58	16.97	24.78	18.08	1.41	5.50	355.00	5.60
9/24/2024	0.00	40.53	27.67	33.33	28.73	18.01	23.37	18.21	2.98	9.61	349.00	8.50
9/25/2024	0.00	38.68	21.96	30.84	33.90	17.59	25.75	18.65	2.29	11.24	349.00	7.00
9/26/2024	0.00	39.16	22.48	30.82	34.52	14.08	24.30	19.10	2.20	11.58	12.00	7.00
9/27/2024	0.00	40.30	21.77	31.04	32.17	14.45	23.31	19.54	1.98	9.65	357.00	6.70
9/28/2024	0.00	39.83	20.71	30.27	32.84	15.90	24.37	19.13	1.75	7.92	357.00	6.20
9/29/2024	0.00	39.90	20.31	29.88	40.16	16.11	28.14	17.59	1.20	5.76	317.00	5.00
9/30/2024	0.00	39.53	17.07	28.30	40.20	13.81	27.01	18.15	3.02	7.04	122.00	8.30

ملحق (17) جدول (26) بيانات الانواء الجوية لمحافظة واسط – محطة الكوت شهر 10 لسنة 2024.

10/31/2024	0.20	28.83	14.94	21.16	48.35	17.89	33.12	8.89	1.76	7.92	137.00	3.80
10/1/2024	0.00	40.23	22.78	30.69	65.45	10.84	38.15	15.82	2.49	11.31	269.00	6.90
10/2/2024	0.00	38.11	21.74	29.29	54.49	12.32	33.41	17.04	1.14	9.00	47.00	4.60
10/3/2024	0.00	35.75	21.21	28.38	48.59	14.00	31.30	17.94	1.72	9.00	37.00	5.40
10/4/2024	0.00	34.98	19.43	27.57	43.44	13.26	28.35	17.95	1.83	11.09	338.00	5.50
10/5/2024	0.00	35.78	16.06	26.60	43.71	10.70	27.21	18.26	1.66	9.44	336.00	5.30
10/6/2024	0.00	38.24	17.37	28.00	38.71	7.10	22.91	18.44	1.40	9.00	327.00	5.10
10/7/2024	0.00	39.02	14.62	26.82	38.35	6.83	22.59	17.68	1.69	9.00	93.00	5.80
10/8/2024	0.00	38.51	15.73	27.41	39.46	7.13	23.30	17.28	1.00	6.26	80.00	4.20
10/9/2024	0.00	39.36	16.64	27.88	42.23	5.95	24.09	16.84	1.02	4.98	298.00	4.30
10/10/2024	0.00	39.70	18.42	28.78	30.79	6.59	18.69	15.86	1.83	9.00	160.00	6.00
10/11/2024	0.00	39.86	18.28	28.54	34.60	6.35	20.48	15.44	1.06	4.92	58.00	4.30
10/12/2024	0.00	38.95	20.27	29.02	32.41	8.48	20.45	14.86	1.15	5.50	78.00	4.40
10/13/2024	0.00	39.49	20.61	29.40	39.36	10.33	24.85	14.91	1.06	4.95	88.00	4.20
10/14/2024	0.00	39.36	19.40	29.59	40.60	11.21	25.91	15.03	1.23	5.52	57.00	4.50
10/15/2024	0.00	39.22	20.44	29.22	44.62	12.62	28.62	14.62	1.24	6.13	359.00	4.50
10/16/2024	0.00	38.62	19.43	28.65	47.49	12.79	30.14	14.25	1.21	-	-	4.30
10/17/2024	0.00	39.76	18.22	29.37	45.87	9.02	27.45	14.87	1.40	9.00	212.00	4.80
10/18/2024	0.00	34.67	20.85	27.32	48.53	17.07	32.80	13.75	1.41	9.00	36.00	4.20
10/19/2024	0.00	34.91	21.07	27.23	28.05	15.05	21.55	14.76	2.32	7.89	54.00	5.90
10/20/2024	0.00	29.70	14.45	22.79	31.83	11.21	21.52	15.23	2.57	10.00	24.00	5.60
10/21/2024	0.00	26.81	9.54	18.19	36.41	11.38	23.90	15.49	1.65	9.16	12.00	4.00
10/22/2024	0.00	26.27	8.58	17.83	43.23	11.78	27.51	15.52	1.18	9.00	16.00	3.30
10/23/2024	0.00	25.22	7.76	16.88	48.90	13.27	31.09	15.19	1.05	9.00	311.00	3.00
10/24/2024	0.00	25.26	6.96	16.79	48.02	14.01	31.02	15.13	1.58	9.00	332.00	3.60
10/25/2024	0.00	26.71	9.78	17.72	43.92	11.35	27.64	15.33	1.31	9.00	10.00	3.40
10/26/2024	0.00	26.64	9.51	18.05	44.58	11.75	28.17	10.79	0.99	9.00	16.00	2.80
10/27/2024	0.00	28.36	9.44	19.06	45.86	10.03	27.95	14.19	1.31	9.00	299.00	3.50
10/28/2024	0.00	28.29	10.35	19.32	35.33	10.47	22.90	14.55	1.60	9.00	325.00	3.90
10/29/2024	0.00	28.19	9.44	18.39	62.53	10.91	36.72	14.81	1.12	5.68	250.00	3.10
10/30/2024	0.00	28.52	8.19	18.89	57.75	12.39	35.07	13.22	0.84	9.00	71.00	2.70

ملحق (18) بعض الصور لتهيئة الحقل قبل الزراعة .

مرحلة الحراثة



مرحلة التنعيم



مرحلة انشاء المروز



مرحلة نصب منظومة الري بالتنقيط



اكمل عملية نصب المنظومة



ملحق (19) صور الحقل بعد الزراعة .

مرحلة الانبات 4/5/2024



صورة للحقل بعد الانبات



مرحلة التزهير 4/6/2024





Abstract

A field study was conducted during the spring season on 26/4/2024 at the Agricultural Research Station of the Directorate of Agriculture in Wasit Governorate – Al-Garḍiya area, to investigate the effect of soil mendments and antitranspirants on the water requirements, growth, and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) grown under surface drip irrigation. The experiment followed a split-plot arrangement within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Two factors were studied: soil amendments, which included biochar, peat moss, perlite, and a control without amendment; and antitranspirants, which included okra extract, Orsilic, and a control without antitranspirant. The study relied on precise calculations of actual evapotranspiration (ET_a), reference evapotranspiration (ET_o), and crop coefficient (K_c), in addition to growth and yield indicators of groundnut.

The results were as follows:

1. Actual water consumption and crop coefficient (K_c):

The results showed that the treatment combining biochar and okra extract achieved the lowest total water consumption, reaching **353.6 mm**, compared with the control treatment, which recorded **712.6 mm**, representing a reduction of more than 50%. During the maturity stage, the same treatment recorded an actual water consumption of **165.6 mm**, compared with **354 mm** in the control. The crop coefficient (K_c) also decreased markedly in this treatment, reaching **0.38** at maturity compared with **0.81** in the control, reflecting high water-use efficiency.

2. Water-use efficiency and water-saving percentage:

The biochar + okra extract treatment recorded the highest water-use efficiency, improving yield per unit of consumed water. It also achieved the highest water-saving percentage of **50.38%** compared with the control. The natural antitranspirant (okra extract) proved more effective than the chemical antitranspirant Orsilic, reducing water consumption by **10%** compared with **8%** for Orsilic. Okra extract effectively reduced transpiration through stomatal regulation without negatively affecting photosynthesis, while maintaining vigorous vegetative growth and high physiological activity.

3. Vegetative growth indicators:

The biochar + okra extract treatment showed clear superiority in vegetative growth. Plant height increased to **34.17 cm**, stem diameter to **12.02 mm**, compared with **21.00 cm** and **7.93 mm**, respectively, in the control. Leaf area increased to **13,493 cm²** compared with **2,354 cm²**, and the number of branches and root depth increased to **7.00 branches/plant** and **21.33 cm**, compared with **4.00 branches/plant** and **14.00 cm** in the control. These increases indicate an improved moisture environment and nutrient availability, which enhanced structural and physiological plant growth.

4. Fresh and dry weight:

The fresh weight of the plant reached **0.560 kg**, and the dry weight reached **0.218 kg** in the biochar + okra extract treatment, compared with **0.180 kg** fresh weight and **0.080 kg** dry weight in the control. This reflects enhanced biomass accumulation due to improved water balance and efficient metabolic activity.

5. Chlorophyll content:

Chlorophyll content increased to **4.77 mg/g** in the biochar + okra extract treatment, while it recorded **2.60 mg/g** in the control. This indicates improved photosynthetic efficiency and greater assimilatory capacity due to enhanced moisture conditions and metabolic processes within the plant.

6. Total yield:

The biochar + okra extract treatment achieved the highest total yield of **596.4 kg/dunum**, compared with **126.0 kg/dunum** in the control, representing an increase of **373.33%**—equivalent to a 3.7-fold increase over the control treatment. This confirms the significant positive effect of the interaction between soil amendments and antitranspirants in enhancing crop productivity.

**Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Wasit / College of
Agriculture
Department of Soil Science
and Water Resources**



**Effect of Soil Amendments and Antitranspirants on the Water
Requirements for Growth and Yield of Field-Grown Groundnut
Arachis hypogaea L . under Drip Irrigation System**

Thesis

**Submitted to the Council of the College of Agriculture /
University of Wasit
As Part of the Requirements for the Degree of Master of Science
in Agriculture / Soil and Water Resources Sciences**

Submitted by:

Riyam Mezher Abd Muhammad

Supervised by:

Prof. Dr. Jamal Nasser Abdulrahman

Prof. Dr. Riyadh Jabbar Mansour

1446 AH

2025 AD