الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جـــــامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي
كلية العلوم الطبيعية والحياة

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكـــادمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة: علوم بيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

الموضوع:

دراسة تأثير مياه الري الممغنطة على الخصائص الكيميائية والفيتو كيميائية شجرة نخيل التمر (صنف دقلة نور)

من إعداد:

✓مزيو شيماء

✓آية عموري

تحت اشراف الدكتور:

- د. غمام عمارة الجيلاني

نـــوقشت يوم:13/06/2026

لـــجنة المنـــاقشة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	الصفة
د. سنيقرة موسى	أستاذ مساعد (أ)	رئيساً
د. غمام عمارة الجيلاني	أستاذ تعليم عالي	مشرفاً ومقرراً
د. شرادة نزار	أستاذ محاضر (ب)	مساعدا
د. لعوج حسن	أستاذ محاضر (ب)	مناقشاً

السنة الجـــامعية: 2025-2026

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وجعلْنا فيها جنَّات مّن نّخيلٍ وأَعْنَاب وفَجَّرْنا فيها من الْعيون﴾ (سورة يس، الآية 34)

صدق العظيم

شكر وتقدير

الحمد لله العلي القدير الذي وفّقنا وأنار دربنا طوال سنوات دراستنا، ومنحنا الإرادة والصبر والعزيمة لإتمام هذا العمل على أكمل وجه.

فنرفع أولاً آيات الشكر والثناء إلى من يصعد إليه الكلم الطيب والدعاء الخالص، إلى الله عز وجل، بأحسن الأسماء، وأجمل الحروف، وأصدق العبارات، وأثمن الكلمات، فلك الحمد والشكر يا ربي حتى ترضى، ولك الحمد إذا رضيت، ولك الحمد بعد الرضا.

وبفيض من العرفان، نتقدم بأسمى عبارات الشكر والامتنان إلى أستاذنا الفاضل الدكتور غمام عمارة الجيلاني، فكل كلمات الشكر والثناء لا تفيك حقك، شكراً لعلمك الذي لم تبخل به، ولتوجيهاتك التي أنارت دربنا، ولجهودك الكبيرة في توفير كل الإمكانيات التي احتجناها لإنجاز هذا العمل وتكلّيله بالنجاح، فجزاك الله عنا خير الجزاء.

كما يطيب لنا أن نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أستاذنا الفاضل الدكتور شرادة نزار، على طيب تعاونه، وما قدمه لنا من دعم وإرشادات وتوجيهات قيمة كان لها أبلغ الأثر في صقل هذا العمل وتوجيهه نحو الطريق السليم، فلك منا كل التقدير والامتنان، سائلين المولى عز وجل أن يبارك في علمك وعملك.

وإلى اللجنة الموقرة رئيساً وممتحناً؛ كل الشكر والتقدير والثناء على كرم قبولكم مناقشة هذا البحث، وعلى وقتكم الثمين وجهدكم المبارك في مراجعته، وعلى ما تجودون به من فيض علمكم وخبراتكم العلمية والتربوية القيمة لإثراء هذا العمل وتقويمه.

وبمشاعر ملؤها التقدير والامتنان، نتوجه بالشكر الجزيل لكل من قدم لنا مساعدة أو تسهيلات لإنجاز هذا العمل، وفي مقدمتهم مسؤول مخبر الكلية السيد "سلطان عبد الحق، عمر"، لاهتمامه البالغ ومرافقتنا الدؤوبة في كل مراحل العمل التطبيقي.

كما يسعدنا أن نتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى الأسرة الأكاديمية والإدارية لجامعة الشهيد "حمة لخضر بالوادي"، وخاصة أساتذة وموظفي كلية علوم الطبيعة والحياة، الذين لم يدخروا جهداً في دعم مسيرتنا العلمية.

وبأعمق مشاعر العرفان، نتوجه بتحية إجلال إلى أساتذتنا الكرام الذين أناروا دربنا وكان لهم الفضل في وصولنا إلى هذا المستوى؛ من معلمي الابتدائي الذين غرسوا فينا الحروف الأولى، إلى أساتذة الجامعة الذين صقلوا عقولنا.

وختاماً، نتقدم بشكرنا النابع من القلب لكل من ساهم في إنجاح هذا العمل من قريب أو بعيد، ولو بكلمة طيبة أو دعاء صادق بظهر الغيب.

إهداء

بثناء التجليل، وحمد كثير يليق بجلال المولى وعظيم منه، الذي أنار بصيرتي وأعانني بتوفيقه حتى بلغت ختام المسير. فالحمد لله على ما وهبني، وأسأله أن يعينني أينما كنت، فمن قال" :أنا لها " نالها، وأنا لها وإن أبت، رغماً عنها أتيت بها! وهأنذا اليوم أتم أول ثمرات النجاح بفضله سبحانه وتعالى.

بقلب ينبض بالفرح، أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته:

إلى أبي الغالي (جمال): مثال العطاء والكرم، وسندي الذي لم يمل، من تعلمت منه أن الطموح لا حدود له، حفظك الله وأدام وجودك العزيز نوراً لأيامي.

إلى أمي الحبيبة (حليمة): حصني الآمن وقلبي الحنون، من سهرت ليالي العمر تدعو لي، ورافقتني بدعواتها النقية في كل خطوة، أدامك الله تاجاً فوق رأسي.

إلى نفسي التي صبرت وآمنت بأحلامها حتى حولتها إلى واقع مشرق، أشكرني على كل لحظة سهر وجهد أوصلتني إلى هذا التتويج.

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي، إلى من شددت بهم عضدي فكانوا ينابيع أرتوي منها، إلى خيرة أيامي وصفوتها وقرة عيني؛ إخوتي الأعزاء: (عبد السميع، عبد البصير، عبد المهيمن، عبد الباري)، وأخواتي الغاليات: (مريم، إيمان، مرام).

إلى من كان لي عوناً في الشدائد ولأصحاب الأزمات، وإلى من أفتخر بمشاعره ونصائحه المخلصة؛ عمي العزيز (عبد الحكيم)، شكراً جزيلاً لك على كل جهودك الثمينة ومواقفك النبيلة.

إلى أهلي وأقاربي الغاليين، شكراً لأنكم كنتم لي دائماً مصدر فخر.

إلى صحبة العمر التي أضاءت عتمة الطريق؛ فمن صديقات الطفولة اللاتي رسمن معي ملامح الأحلام الأولى على جدران الصبا، وصولاً إلى صديقات الجامعة؛ أولئك اللاتي كن لي مرايا الروح وملاذ الفكر، شاطرنني غمار التجربة، وعبرنا معاً مضيق العناء نحو رحاب الوصول، فكن خير رفيق في المسير، وأصدق معين عند كل منعرج عسير.. شكراً لأنكن كنتن لروحي سكناً، ولطريقي نوراً لا ينطفئ.

وفي الختام، أطوي صفحة هذا الكفاح بكل فخر، لأبدأ فصلاً جديداً يحمل ثمار ما زرعت، متوجة بجميل صنيعكم ومحبتكم التي كانت وستظل الملاذ الدافئ والقوة التي أبلغ بها كل رفعة.. شكراً لكم حباً وامتناناً على البدء والختام.

شيماء مزيو

إهداء

قال الله تعالى: {وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا} [طه: 114]. صدق الله العظيم.

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي وفقني لأبلغ هذه اللحظة التي طالما حلمت بها، وجعل بعد كل تعب نجاحًا، وبعد كل صبر فرحًا، وبعد كل دعاء تحقيقًا للأمنيات.

فإلى نفسي التي تحملت كل العثرات وأكملت رغم الصعوبات بتوفيق من الله، وبكل حب، أهدي تخرجي إلى نبراس أيامي ووهج حياتي، إلى الذين ظلت دعواتهم تراقب خطاي، إلى ضلعي الثابت وأماني الأبدي؛ إلى عائلتي.

إلى من أحمل اسمه بكل فخر، إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم؛ أبي الغالي (مختار)

إلى اليد الخفية، والقلب الحنون، وصاحبة الدعاء الصادق؛ أمي الغالية (نورة).

أدامكم الله ملوكًا على عرش قلبي، وحفظكم ملاذًا إليه أنتمي.

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي، إلى من شددت بهم أزري، إلى سندي؛ (إخوتي).

إلى من يجري دمهم في عروقي، ويكتمل بهم فرحي؛ إلى عزوتي وسندي المتين (أعمامي وأخوالي الغاليين).

وإلى من هم نور البيت، وبهجته، وفرحه؛ (جدي وجدتي).

إلى صديقاتي، كل باسمها ومقامها، من كن بهجة رحلتي، وملاذي الدافئ في مشاق الطريق، وأخص بالذكر أقربهن لقلبي ورفيقة كفاحي (آلاء بوغزالة)، دمتِ لي سندًا.

إلى من كانوا خلف كواليس هذا الجهد، ممن ساندوني طوال الطريق، فكانت كلماتهم طاقة أمل، ودعواتهم سندًا في لحظات التعب؛ شكرًا لكم، وأنا ممتنة بكل ما بذلتموه في سبيل دعمي وإسعادي.

إن الدعاء وصية بيننا، فاجعلوه جسر خير يصلنا في الغيب، كما وصلتني أيديكم وقت الحاجة؛ فكلما ذكرتموني بدعوة صادقة، تذكروا أن دعوتي لكم في ظهر الغيب لا تنقطع.

وإلى غزة الإباء، وشهداءنا الأبرار؛ الذين علمونا أن التشبث بالقرآن في قلب العاصفة هو سر الثبات، وأن الإرادة التي تستمد نورها من كتاب الله لا تنكسر أبدًا.. هذا النجاح جزء من وفائنا لنهجكم العظيم .

وفي الختام، عملًا بالحديث النبوي الشريف: «مَنْ لَا يَشْكُرِ النَّاسَ لَا يَشْكُرِ اللهَ»، فالشكر موصول لكل من كان له دور من قريب أو بعيد في هذا الإنجاز .

آية عموري

فهرس المحتويات

الفهرس

شكر وتقدير..... I
إهداء..... II
فهرس المحتويات V
الملخص..... 1
مقدمـــــة..... 6
الجزء النظري..... 4
الفصل الأول: دراسة عامة حول النخير..... 5
I. تاريخ ونشأة النخيل: 6
1.I. النخيل في القرآن الكريم والسنة النبوية..... 7
1.1.I.النخيل في القرآن الكريم..... 7
2.1.I. النخيل في السنة النبوية..... 7
2.I. توزيع النخيل أو مناطق الانتشار..... 8
3.I. الوصف المورفولوجي..... 9
4.I. زراعة النخيل..... 11
5.I. التصنيف العلمي للنخيل 13
6.I. أهمية نبات النخيل..... 13
7.I. المحتوى والقيمة الغذائية لثمرة النخيل..... 14
8.I. مراحل نمو النخيل..... 17
9.I. الاحتياجات البيئية للنخيل..... 20
10.I. أمراض النخيل وطرق مكافحتها 22
الفصل الثاني: مياه الري 25
I. مياه الري..... 26
1.I. مصادر مياه الري 26
1.1.I. المياه الجوفية..... 26
2.1.I. المياه السطحية 28
3.1.I. المياه المعالجة..... 29
2.I. خصائص مياه الري الفيزيائية 31
3.I. الخصائص الكيميائية لمياه الري..... 33
4.I. معايير جودة مياه الري..... 36
5.I. تأثير نوعية مياه الري على التربة والنبات 38

II. المياه المعالجة 41
1.II. أنواع معالجات المياه 41
1.1.II. المعالجة الفيزيائية لمياه الري 41
2.1.II. المعالجة الكيميائية لمياه الري 41
3.1.II. المعالجة البيولوجية لمياه الري 42
2.II. المغنطة 42
3.II. خصائص المياه الممغنطة 43
1.3.II. الخصائص الكيميائية 44
1.3.II. الخصائص البيولوجية والفيزيولوجية 45
4.II. تأثير المغنطة على جزيئات الماء: 46
5.II. تأثير المياه الممغنطة على التربة 47
6.II. تأثير المياه الممغنطة على النمو النباتي والإنتاجية 48
7.II. أهمية المياه الممغنطة 50
8.II. دراسات سابقة حول المياه الممغنطة 51
الجزء العملي 52
الفصل الثالث: الوسائل والطرق 53
I. تقديم منطقة الدراسة: 54
1.Iالموقع الجغرافي لمنطقة وادي سوف: 54
2.I. الخصائص الطبيعية لمنطقة وادي سوف: 54
1.2.I. التضاريس: 54
2.2.I. المناخ: 55
3.2.I. خصائص التربة: 55
2.I. 4.خصائص المياه : 56
II. المواد والطرق: 56
1.II. المادة النباتية: 56
1.3.II. تحاليل التربة المخبرية: 59
2.3.II. التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه السقي: 63
3.3.II. التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتمر: 63
4.3.II. تقدير القيمة الغذائية لنبات التمر: 65
5.3.II. تقدير المواد الفعالة: 72
6.3.II. تقدير الفعالية البيولوجية : 76
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة 79

I. المناقشة والتحليل:.....80
1.I. نتائج تحاليل الخصائص الكيميائية لتربة الحقل:.....80
2.1.I. العناصر المعدنية:.....81
2.I. نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الري الممغنطة والغير ممغنطة لنبات التمر " دقلة نور".....81
1.2.I. مناقشة الخصائص الفيزيائية للمياه الري الممغنطة وغير الممغنطة لنبات التمر صنف "دقلة نور ".....82
2.2.I. مناقشة الخصائص الكيميائية للمياه الري الممغنطة وغير الممغنطة لنبات التمر صنف "دقلة نور ."....83
3.I. نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لثمار التمر:.....84
1.3.I. تحليل نتائج درجة الحموضة PHوالناقلية الكهربائيةEC:.....84
2.3.I. نتائج التحاليل للعناصر المعدنية لثمار التمر:.....85
4.I. تأثير المياه الممغنطة على محتوى القيمة الغذائية:.....86
2.4.II. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الدهون لنبات التمر:.....88
3.4.I. تأثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في نبات التمر :.....90
4.4.I. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الفينولات لنبات التمر:.....92
5.4.I. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في نبات التمر:.....93
6.4.I تأثير المياه الممغنطة النشاطية المضادة للأكسدة (أختبار DPPH).....95
الخـــاتـــمة.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
قائمة المراجع.....100
قائمة الملاحق.....115

قائمة الجداول

جدول (1): الاهمية الاقتصادية والغذائية لنخيل التمر 13
جدول (2): التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية للتمر 15
الجدول (3): أمراض النخيل وطرق مكافحتها.....22
الجدول (4): حدود تحمل المحاصيل المختلفة للتوصيل الكهربائي لمياه الري.....33
الجدول (5): تأثير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الري على التربة، النبات، وشبكات الري.....34
الجدول (6): مقارنة بين المعايير الأمريكية (USSL / FAO) والروسية (GOST) لتقييم جودة مياه الري وتأثيراتها.....37
جدول (7): يوضح المياه قبل وبعد المغنطة.....45
الجدول (8): تصنيف ملوحة التربة وفقا لقيم الناقلية الكهربائية (dS/m) 60
الجدول (9): تصنيف التربة وفقا لدرجات الرقم الهيدروجيني 60
الجدول (10): تصنيف التربة وفقا لتركيز عنصر الكالسيوم (mg/l).....61
جدول (11): يوضح الخصائص الكيميائية للتربة.....80
جدول (12): نتائج تحاليل العناصر المعدنية لتربة.....81
جدول (13): يوضح نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية لمياهالري الممغنطة والغير ممغنطة.....82
جدول (14): يوضح نتائج تحاليل الخصائص الكيميائية للمياه الري الممغنطة والغير ممغنطة.....83
جدول (15): نتائج تحاليل درجة الحموضة والناقيلية الكهربائية للتمر الممغنط وغير ممغنط.....84
الجدول (16): نتائج التحاليل للعناصر المعدنية لثمار التمر 85

قائمة الأشكال

الوثيقة (1): نخيل التمر 6
الوثيقة (2): توزيع نخيل التمر في جميع أنحاء العالم 8
الوثيقة (3): واحات نخيل التمر في الوادي بالجزائر 9
الوثيقة (4): الوصف المورفولوجي لنخيل التمر 11
الوثيقة (5): نظام الغوط في ولاية الوادي 12
الوثيقة (6): الأهمية الغذائية لجميع اعضاء نبات النخيل [11] 14
الوثيقة (8): المركبات الفيتوكيميائية والنشطة بيولوجيًا في ثمار التمر [16] 17
الوثيقة (9): مرحلة انبات بذور النخيل [20] 18
الوثيقة (10): مرحلة النمو الخضري للنخيل [16] 19
الوثيقة (11): نظام الري بالتنقيط في النخيل 22
الوثيقة (12): اعراض مرض البيوض على سعفة النخيل [19] 23
الوثيقة (13): دودة البلح وبيوضها داخل التمر [17] 24
الوثيقة (14): أضرار داخلية شديدة وتعفن ناتج عن نشاط يرقات سوسة النخيل الحمراء 24
الوثيقة (15): الامتداد الجغرافي والطبقي للنظام المائي لشمال الصحراء (NWSAS)، ويوضح تمركز الخزان الجوفي المشترك بين الجزائر وتونس وليبيا[29] 27
الوثيقة (16): مخطط قطاعي ثلاثي الأبعاد يوضح التدرج الطبقي والحراري لخزانَي المركب النهائي (CT) والقاري المتداخل (CI) وآلية تبريد المياه قبل الري. 28
الوثيقة (17): خريطة الأحواض الهيدروغرافية في الجزائر التي توضح التوزيع الجغرافي للموارد المائية السطحية وتمركزها في الأقاليم الشمالية.[39] 29
الوثيقة (18): نموذج لتخزين وتعبئة المياه السطحية عبر المنشآت الهيدروليكية (السدود)[40]. 29
الوثيقة (19): رسم تخطيطي يوضح آلية تراكم وانتقال العناصر الكيميائية والمعادن من المياه المعالجة إلى التربة والمنظومة النباتية. 30
الوثيقة (20): مخطط تكنولوجي يوضح مراحل معالجة مياه الصرف الصحي (STEP) لإنتاج مياه صالحة للاستخدام الزراعي 30
الوثيقة(21): لجهاز مغنطة مياه الري (Magnetic Water Conditioner) المستخدم ميدانياً في المشاريع الزراعية والري 43
الوثيقة (22): الرسم التخطيطي الهندسي لوحدة المعالجة الفيزيوكيميائية التجريبية لمياه الري 43
الوثيقة (23): التأثيرات البيولوجية والفيزيولوجية والكيميائية الحيوية المختلفة للمجال المغناطيسي على النباتات 44
الوثيقة (24): توضح شكل عناقيد جزيئات الماء وتفككها من تجمعات ضخمة قبل المغنطة إلى عناقيد دقيقة وسلسة بعد المغنطة 47
الوثيقة (25): توضح دور المياه الممغنطة في تفكيك التكتلات الترابية، غسل الأملاح، زيادة ذوبانية العناصر، وتحفيز النشاط الميكروبي. 48
الوثيقة (26): يوضح تأثير المياه الممغنطة على النمو النباتي والإنتاجية الزراعية. 49
الوثيقة (27): توضح الخريطة الموقع الجغرافي والتقسيم الإداري لمنطقة وادي سوف 54
الوثيقة (28): توضح تمور من صنف دقلة نور 56

الوثيقة (29): الموقع الجغرافي لمزرعة الضاوية بولاية الوادي 57
الوثيقة (31): تصميم التجربة 58
الوثيقة (30): جهاز المغنطة Delta Water..... 58
الوثيقة (32): جهاز قياس درجة الحموضة ph 63
الوثيقة (33): جهاز قياس الناقيلية الكهربائية Ec..... 63
الوثيقة (34): جهاز طيف الامتصاص الذري 65
الوثيقة (35): جهاز الطيف اللهبي..... 65
الوثيقة (36): جهاز الطرد المركزي..... 66
الوثيقة (37): مخطط يوضح أهم الخطوات الرئيسية لاستخلاص الكربوهيدرات والدهون والبروتين ;BELDI, 2007 AMIRA, 2013 67
الوثيقة (38): توضح المنحنى القياسي للغلوكوز 68
الوثيقة (39): المطيافية الضوئية ((Spectrophotometer..... 69
الوثيقة (40): توضح المنحنى القياسي للدهون 70
الوثيقة (41): توضح المنحنى القياسي للبروتين..... 72
الوثيقة (42): مخطط يوضح اهم الخطوات الرئيسة للاستخلاص مواد الايض الثانوي..... 73
الوثيقة (43): توضح المنحنى القياسي لحمض الغاليك..... 75
الوثيقة (44): توضح تامنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك..... 76
الوثيقة (45): آلية تفاعل الجذر الحر DPPH مع مضادات الأكسدة.(AO-H) 76
الوثيقة (46): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الكربوهيدرات في نبات التمر 87
الوثيقة (47): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الدهون في نبات التمر 89
الوثيقة (48): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في نبات التمر 91
الوثيقة (49): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الفينولات في نبات التمر 92
الوثيقة (50): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في نبات التمر 94
الوثيقة (51): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على النشاط المضاد للأكسدة(أختبار DPPH) في نبات التمر..... 95

قائمة الاختصارات

الرمز	المعنى
NMW	مياه غير ممغنطة
F A O	منظمة الأغذية والزراعة
TCA	حمض ثلاثي كلورو أسيتيك
DPPH	diphenyl_1_picrylhydrazyl2,2
IC50	التركيز المثبط لنصف النشاط
SAS	نظام التحليل الإحصائي
MTW	المياه المعالجة مغناطيسيا
H_3PO_4	حمض الفوسفوريك
Th	العسرة الكلية للماء
EC	الناقلية الكهربائية
PH	درجة الحموضة
CT	خزان المركب النهائي
CI	خزان القاري المتداخل
TDS	الاملاح الذائبة الكلية
USSL	مختبر ملوحة التربة الأمريكي
GOST	المعايير القياسية الروسية

الملخص

الملخص:

تستهدف هذه الدراسة تحديد مدى تأثير الري بالمياه الممغنطة على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لثمار نخلة التمر من صنف "دقلة نور" (Phoenix dactylifera L.). ولتحقيق ذلك، أُجريت دراسة مقارنة بين القيمة الغذائية والمحتوى الكيميائي لثمار التمر المعالجة بتقنية المغنطة وتلك المسقية بمياه ري عادية (شاهدة).

وقد شمل الجانب التجريبي إجراء تحاليل مخبرية شاملة لكل من التربة، ومياه الري، ونبات التمر، إلى جانب تقدير المكونات الكيميائية الأساسية للثمار من خلال قياس محتوى الكربوهيدرات الكلية، الدهون، والبروتينات، بالإضافة إلى تحديد تركيز العناصر المعدنية. كما تم تقييم المحتوى الفيتوكيميائي عبر قياس الفينولات الكلية والفلافونويدات، وتحديد الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات الثمرية لكلا المعاملتين باستخدام اختبار تثبيط الجذور الحرة (DPPH).

أسفرت التحاليل الكيميائية عن وجود تباين في قيم المكونات الغذائية تِبعاً لطبيعة مياه الري؛ حيث أظهرت ثمار التمر المعالجة بتقنية المغنطة زيادة واضحة في محتوى الكربوهيدرات بلغت (155.52 مغ/مل) مقارنة بالعينات الشاهدة (139.00 مغ/مل) بنسبة تحسن قُدِّرت بـ 11.9%. كما سجلت المعاملة الممغنطة تفوقاً في محتوى الدهون بقيمة (1.45079 مغ/مل) مقارنة بـ (0.85076 مغ/مل) للعينات غير الممغنطة وبنسبة زيادة بلغت 70.6%. وفي المقابل، انخفض محتوى البروتينات في التمور الممغنطة ليسجل (0.575 مغ/مل) مقارنة بالعينات الشاهدة التي بلغت (0.664 مغ/مل). مع الإشارة إلى أن الفروقات الإحصائية للمكونات الثلاثة كانت غير معنوية عند مستوى الدلالة ($p = 0.05$).

أما فيما يخص الفعالية المضادة للأكسدة (DPPH)، فقد أحدثت المعالجة بالمياه الممغنطة تحسناً كبيراً وواضحاً؛ إذ سجلت تمورها أقل قيمة للتركيز النصفي التثبيطي بـ ($IC_{50} = 56\ \mu g/mL$) مقارنة بالعينات الشاهدة التي بلغت ($IC_{50} = 212.58\ \mu g/mL$)، في حين سجل حمض الأسكوربيك القياسي قيمة ($26.36\ \mu g/mL$). وهو ما يؤكد في مجمله الدور الإيجابي الفعّال لتقنية المغنطة في تحسين جودة وإنتاجية التمور، وتعزيز قدرتها الاختزالية ومحتواها الطاقوي والغذائي دون التأثير سلباً على الخصائص الحيوية المميزة لصنف "دقلة نور".

الكلمات المفتاحية: دقلة نور (Phoenix dactylifera)، مياه الري الممغنطة، تحليل التربة والمياه، الكربوهيدرات، الدهون، البروتينات، مضادات الأكسدة (DPPH).

Résumé

Cette étude vise à déterminer l'impact de l'irrigation par l'eau magnétisée sur les propriétés chimiques et phytochimiques des fruits du palmier dattier de la variété « Deglet Nour » (Phoenix dactylifera L.). À cet effet, une étude comparative a été menée entre la valeur nutritionnelle et la composition chimique des dattes irriguées avec de l'eau magnétisée et celles irriguées avec de l'eau conventionnelle (témoin).

La partie expérimentale a consisté en des analyses de laboratoire approfondies du sol, de l'eau d'irrigation et des palmiers, ainsi qu'en l'évaluation des constituants chimiques fondamentaux des fruits, notamment les glucides totaux, les lipides et les protéines, en plus de la détermination des concentrations en éléments minéraux. Par ailleurs, le contenu phytochimique a été évalué en mesurant les teneurs en phénols et flavonoïdes totaux, ainsi que l'activité antioxydante des extraits de fruits pour les deux traitements par le test de piégeage des radicaux libres (DPPH).

Les analyses chimiques ont révélé une variation des valeurs des constituants nutritionnels selon la nature de l'eau d'irrigation. Les dattes issues du traitement par eau magnétisée ont montré une augmentation significative de la teneur en glucides (155,52 mg/mL) par rapport aux échantillons témoins (139,00 mg/mL), soit une amélioration de 11,9 %. De même, le traitement magnétisé a enregistré une supériorité en termes de teneur en lipides (1,45079 mg/mL) comparativement au témoin (0,85076 mg/mL), avec une augmentation de 70,6 %. En revanche, la teneur en protéines a diminué dans les dattes magnétisées (0,575 mg/mL) par rapport aux témoins (0,664 mg/mL). Il est à noter que les différences statistiques pour ces trois constituants n'étaient pas significatives au seuil de probabilité ($p = 0,05$).

Concernant l'activité antioxydante (DPPH), le traitement par eau magnétisée a engendré une amélioration marquée, les dattes traitées ayant enregistré la valeur la plus faible de concentration inhibitrice médiane ($\text{IC}_{50} = 56\ \mu\text{g/mL}$) comparativement au témoin ($\text{IC}_{50} = 212,58\ \mu\text{g/mL}$), tandis que l'acide ascorbique utilisé comme standard a présenté une valeur de $26,36\ \mu\text{g/mL}$. Ces résultats confirment le rôle bénéfique de la technologie de magnétisation dans l'amélioration de la qualité et de la productivité des dattes, tout en renforçant leur pouvoir réducteur ainsi que leur valeur énergétique et nutritionnelle, sans altérer les propriétés biologiques caractéristiques de la variété « Deglet Nour.«

Mots-clés : Deglet Nour (Phoenix dactylifera), eau d'irrigation magnétisée, analyse du sol et de l'eau, glucides, lipides, protéines, antioxydants (DPPH).

Abstract:

This study aims to determine the effect of magnetic water irrigation on the chemical and phytochemical characteristics of date palm fruits, specifically the "Deglet Nour" cultivar (Phoenix dactylifera L.). To achieve this, a comparative study was conducted between the nutritional value and chemical content of date fruits treated with magnetic water technology and those irrigated with conventional tap water (control).

The experimental phase involved conducting comprehensive laboratory analyses of the soil, irrigation water, and the date palm plant, along with evaluating the primary chemical components of the fruits by measuring total carbohydrates, lipids, and proteins, as well as determining mineral element concentrations. Additionally, the phytochemical profile was evaluated by measuring total phenols and flavonoids, and the antioxidant activity of the fruit extracts from both treatments was assessed using the DPPH free radical scavenging assay.

The chemical analyses revealed variations in nutritional component values depending on the type of irrigation water. Date fruits treated with magnetic water technology showed a distinct increase in carbohydrate content, reaching (155.52 mg/mL) compared to the control samples (139.00 mg/mL), with an estimated improvement of 11.9%. The magnetic treatment also exhibited a higher lipid content of (1.45079 mg/mL) compared to (0.85076 mg/mL) for the non-magnetic samples, representing an increase of 70.6%. Conversely, the protein content decreased in the magnetically treated dates, recording (0.575 mg/mL) compared to the control samples, which reached (0.664 mg/mL). It is worth noting that the statistical differences for these three components were non-significant at the significance level ($p = 0.05$).

Regarding the antioxidant activity (DPPH), magnetic water treatment led to a substantial and clear improvement. The dates irrigated with magnetic water recorded the lowest half-maximal inhibitory concentration value at ($IC_{50} = 56\ \mu g/mL$) compared to the control samples, which reached ($IC_{50} = 212.58\ \mu g/mL$), while the standard reference, ascorbic acid, recorded a value of ($26.36\ \mu g/mL$). Overall, these findings confirm the effective and positive role of magnetic water technology in enhancing the quality and productivity of dates, improving their reductive capacity as well as their energetic and nutritional content, without negatively affecting the distinctive biological characteristics of the "Deglet Nour" cultivar.

Keywords: Deglet Nour (Phoenix dactylifera), Magnetic Irrigation Water, Soil and Water Analysis, Carbohydrates, Lipids, Proteins, Antioxidant Activity (DPPH).

مقدمة

يحتل نبات النخيل (*Phoenix dactylifera* L.) مكانة ريادية وثقافية واقتصادية بارزة ضمن المحاصيل الاستراتيجية ونظم الأمن الغذائي في المناطق الجافة وشبه الجافة حول العالم. وتتميز ثمار النخيل (التمور) بقيمتها الغذائية والعلاجية العالية، نظراً لاحتوائها على نسب مرتفعة من السكريات البسيطة سهلة الامتصاص، الألياف الغذائية، الفيتامينات، والعناصر المعدنية الأساسية كالبوتاسيوم والمغنيسيوم، فضلاً عن غناها بالمركبات الفيتوكيميائية النشطة حيوياً مثل الفينولات، الفلافونيدات، ومضادات الأكسدة التي تلعب دوراً وقائياً حيوياً في صحة الإنسان[1]. وطبقاً لآخر إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة [2]، تشهد زراعة النخيل في الجزائر ولا سيما في المناطق الواحاتية والصحراوية كمنطقة وادي سوف توسعاً كبيراً ونشاطاً استثمارياً مكثفاً، نظراً لأهميتها الاقتصادية والاجتماعية البالغة وتوفيرها لدخل مستدام للمنتجين، فضلاً عن دورها الأساسي في الحفاظ على التوازن البيئي ومكافحة التصحر في المناطق الصحراوية.

وعلى الرغم من المؤهلات الإنتاجية والتحملية العالية لهذا المحصول التاريخي، إلا أن القطاع الزراعي في الواحات يواجه تحديات بيئية جسيمة تعيق استدامته وتدهور واحات النخيل، ويأتي على رأسها التغير المناخي الحاد وشح الموارد المائية العذبة، مما اضطر المزارعين إلى الاعتماد على مياه ري جوفية ذات ملوحة مرتفعة. إن هذا الوضع أدى إلى تفاقم ظاهرة ملوحة التربة ومياه الري، والتي تعد من أخطر المشكلات التي تؤثر سلباً على فيزيولوجيا النخيل؛ حيث تسبب الإجهاد الملحي (Salinity Stress) الذي يؤدي إلى خلل في التوازن الأسموزي، وإعاقة امتصاص العناصر الغذائية والماء، فضلاً عن تأثيره السلبي على العمليات الحيوية وتراجع إنتاجية وجودة الثمار [3]. وأمام هذه المعضلة الحتمية، بات من الضروري البحث عن بدائل تقنية مستدامة وأساليب علمية مبتكرة تساهم في التخفيف من آثار الملوحة وتحسين كفاءة استخدام المياه دون الإضرار بالبيئة الواحاتية المحيطة [4].

ومن بين التقنيات الفيزيائية الحديثة والصديقة للبيئة التي برزت كحل واعد لمواجهة هذه التحديات، نجد تقنية "مغنطة مياه الري". تعتمد هذه التقنية على تمرير المياه عبر مجال مغناطيسي محدد الشدة قبل استخدامها في الري، مما يؤدي إلى إحداث تغييرات في الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء، مثل خفض التوتر السطحي، زيادة الذوبانية، وتغيير زاوية الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء [5]. هذه التغيرات الهيكلية تساهم بشكل فعال في غسل الأملاح من التربة ومنع تراكمها في الطبقات العليا المحيطة بالجذور، مما يسهل على النخيل امتصاص الماء والعناصر المغذية حتى في ظروف الإجهاد الملحي. علاوة على ذلك، أظهرت الأبحاث أن الري بالماء الممغنط يحفز النشاط الإنزيمي، ويرفع من كفاءة التمثيل الضوئي،

ويعزز من بناء الأحماض النووية، مما ينعكس إيجاباً على تحسين نمو النبات وتنشيط جهازه المناعي الدفاعي عبر زيادة إنتاج المركبات الفيتوكيميائية ومضادات الأكسدة للتعامل مع الإجهاد البيئي [6].

بناءً على هذه المعطيات، تتمحور الإشكالية الرئيسية لهذا البحث حول مدى فاعلية تطبيق تقنية مغنطة مياه الري في الحد من التأثيرات السلبية للملوحة وتأثير ذلك على الصفات الإنتاجية والكيميائية لنبات النخيل. ومنه، جاءت هذه الدراسة بهدف تقييم أثر مياه الري المعالجة مغناطيسياً على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات النخيل، وتحديد مدى مساهمة هذه التقنية في تحسين جودة التمور ومحتواها من المركبات الأيضية الثانوية (كالفينولات والفلافونيدات) ومضادات الأكسدة، كمحاولة لتقديم حلول علمية وعملية مبتكرة تسهم في ترقية الإنتاج الزراعي للنخيل تحت ظروف الإجهاد الملحي.

حيث تم تقسيم هذا العمل إلى جزأين أساسيين:

الجزء النظري: ويشمل فصلين:

- **الفصل الأول:** يهتم بدراسة عامة حول النخيل
- **الفصل الثاني:** يتهم بدراسة مياه الري ومعالجتها بالمغنطة

الجزء التطبيقي: ويشمل فصلين:

- **الفصل الأول:** تم فيه وصف الطرق المتبعة والأدوات المستعملة في الدراسة
- **الفصل الثاني:** يتم فيه عرض النتائج ومناقشتها

الجزء النظري

الفصل الأول: دراسة عامة حول النخير

يعد نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) من أقدم النباتات الزراعية التي عرفها الإنسان وأكثرها أهمية في البيئات الصحراوية والمناطق الجافة وشبه الجافة، لا سيما في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وقد حظي بمكانة زراعية، ودينية، وثقافية هامة، لكونه ركيزة أساسية في استقرار السكان، وتطور الواحات، وتحقيق التوازن البيئي والاقتصادي عبر التاريخ.

يتميز هذا النبات بقدرة عالية على التكيف وتحمل الظروف المناخية القاسية كالمرونة تجاه الجفاف، والحرارة العالية، والملوحة. فضلا عن ذلك، تتميز ثمار التمور بقيمة غذائية وكيميائية مرتفعة نظراً لاحتوائها على مركبات فيتوكيميائية وعناصر حيوية مضادة للأكسدة. وفي ظل التحديات المناخية الراهنة، برزت تقنية مغنطة مياه الري كخيار واعد لتحسين إنتاجية النخيل وجودة تموره، وهو ما تسعى هذه الدراسة إلى استكشافه وتوضيحه.

I. تاريخ ونشأة النخيل:

ينتمي نخيل التمر الى نباتات قديمة يصعب تحديد موطنها الاصلي بدقة بسبب انتشارها الواسع منذ الاف السنين، غير ان الدراسات تشير الى منطقة الهلال الخصيب كمنشأ رئيسي، حيث اظهرت الاكتشافات الاثرية استعماله منذ عصور مبكرة. وقد كان من اوائل النباتات التي دجنها الانسان من خلال زراعته وتحسين اصنافه بالاكثار الخضري، مما ساعد على الحفاظ على صفاته الجيدة[7]. ومع مرور الزمن ظهر تنوع كبير في اصنافه نتيجة تفاعل العوامل الوراثية والبيئية، كما ساهمت قدرته على تحمل الجفاف والملوحة في نجاح زراعته وانتشاره في البيئات الصحراوية. (مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2005)

الوثيقة (1): نخيل التمر (مزيو وعموري،2026)

ومن جهة اخرى لم يقتصر انتشار نخيل التمر على موطنه الاصلي، بل امتد بفعل النشاط البشري عبر الهجرات والتبادل التجاري الى مناطق واسعة مثل شمال افريقيا وشبه الجزيرة العربية، كما ساهمت الفتوحات في توسيع زراعته. وارتبط هذا الانتشار بقيام الواحات كنظام بيئي يعتمد عليه في توفير ظروف ملائمة للزراعة، مما ساهم في تحقيق الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي للسكان 2015

1.I. النخيل في القرآن الكريم والسنة النبوية

يحظى نخيل التمر بمكانة متميزة في الدين الاسلامي والثقافة العربية والاسلامية، حيث ورد ذكره في العديد من الآيات القرآنية والأحاديث النبوية، وهو ما يعكس أهميته في حياة الانسان من الناحية الغذائية والبيئية. كما أن هذا الحضور المتكرر في النصوص الدينية يدل على قيمته الرمزية باعتباره من النباتات المباركة التي ارتبطت بالرزق والخير. [8]

1.1.I. النخيل في القرآن الكريم

- **الدلالة القرآنية للنخيل**

ورد ذكر النخيل في القرآن الكريم كدليل على نعم الله وقدرته في الخلق، قال تعالى: ﴿**وَهُزِّي إِلَيْكِ بِجِذْعِ النَّخْلَةِ تُسَاقِطْ عَلَيْكِ رُطَبًا جَنِيًّا**﴾ **سورة مريم الآية 25**، وهو ما يبرز القيمة الغذائية للتمر كمصدر سريع للطاقة .كما ورد النخيل ضمن مظاهر التنوع النباتي في قوله تعالى: ﴿**فِيهِمَا فَاكِهَةٌ وَنَخْلٌ وَرُمَّانٌ**﴾ **سورة الرحمن الآية 68**، مما يدل على مكانته الغذائية المهمة، وهو ما تؤكده الدراسات الحديثة حول غنى التمر بالسكريات والمعادن. [9]

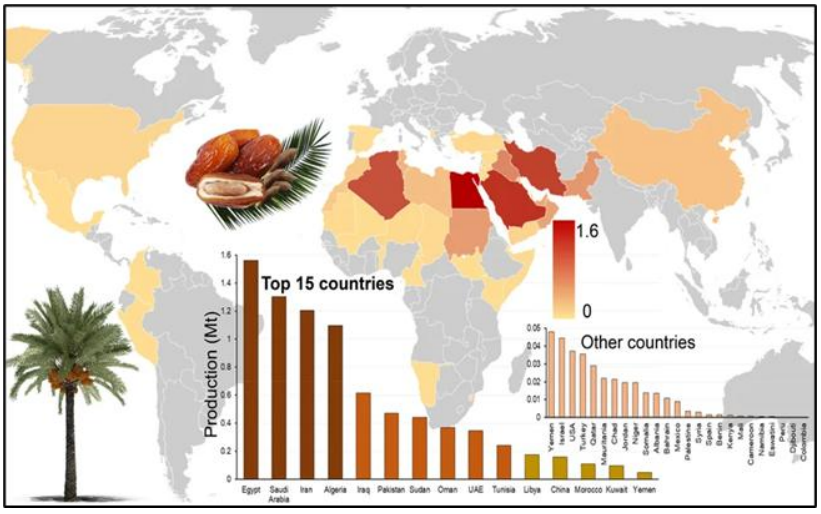
2.1.I. النخيل في السنة النبوية

- **الأبعاد الصحية والغذائية للنخيل في السنة**

احتل التمر مكانة مهمة في السنة النبوية باعتباره غذاء أساسيا، قال النبي صلى الله عليه وسلم: «**يَا عَائِشَةُ بَيْتٌ لَا تَمْرَ فِيهِ جِيَاعٌ أَهْلُهُ**»، مما يعكس دوره كمصدر غذائي متكامل .كما ورد في الحديث الشريف: «**مَنْ تَصَبَّحَ سَبْعَ تَمَرَاتٍ عَجْوَةً لَمْ يَضُرَّهُ ذَلِكَ اليَوْمَ سُمٌّ وَلَا سِحْرٌ**»، في إشارة إلى الخصائص الوقائية للتمر، وهو ما تدعمه الدراسات الحديثة التي أثبتت احتواءه على مركبات فيتوكيميائية ومضادات أكسدة ذات فوائد صحية.[8]

2.I. توزيع النخيل أو مناطق الانتشار

يتميز نخيل التمر بانتشار جغرافي واسع بفضل قدرته الكبيرة على التكيف مع الظروف القاسية خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، مما جعله عنصرا اساسيا في الانظمة الزراعية والاقتصاد الغذائي في العديد من الدول خصوصا في العالم العربي[10]. ويتركز وجوده في الحزام الصحراوي الممتد بين 15 و35 درجة شمالا حيث تتوفر الحرارة المرتفعة والاضاءة القوية، وتعد مناطق الشرق الاوسط وشمال افريقيا المركز الرئيسي لزراعته وانتاجه، وتشمل عدة دول عربية اضافة الى ايران[8]. ويرجع هذا الانتشار الى خصائصه التي تمكنه من تحمل الجفاف والحرارة والملوحة نسبيا، واعتماده على جهاز جذري عميق يمكنه من الوصول الى المياه الجوفية، كما يحتاج الى مناخ حار لنضج الثمار. ولم يقتصر وجوده على هذه المناطق، بل انتشر الى مناطق اخرى في العالم بفعل النشاط البشري مثل الولايات المتحدة وبعض دول امريكا اللاتينية واستراليا وجنوب افريقيا، غير ان الدول العربية مازالت تحتل الصدارة في انتاج التمور عالميا. (مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2005)



الوثيقة (2): توزيع نخيل التمر في جميع أنحاء العالم

أما في الجزائر، في الجزائر يحتل نخيل التمر مكانة مهمة في القطاع الفلاحي، حيث يتركز في المناطق الصحراوية خاصة في ولايات بسكرة والوادي وورقلة وغرداية، نظرا لتوفر الظروف المناخية الملائمة مثل الحرارة المرتفعة وقلة الامطار، وتعد ولاية الوادي من ابرز مناطق زراعته بفضل نظام الواحات والاعتماد على المياه الجوفية في الري[10]. ويرتبط توزيعه ايضا بعوامل بشرية مثل خبرة السكان وتوفر تقنيات الري واختيار الاصناف المناسبة، كما ساهمت التقنيات الحديثة في توسيع زراعته وتحسين انتاجه، ومع ذلك يبقى مرتبطا اساسا بالظروف المناخية، حيث يصعب نجاحه في المناطق الباردة او الرطبة، مما يعكس تداخلا بين العوامل البيئية والبشرية في انتشاره.[8]

الوثيقة (3): واحات نخيل التمر في الوادي بالجزائر

3.I. الوصف المورفولوجي

يتميز نخيل التمر بتركيب مورفولوجي خاص يجعله متفردا عن باقي الأشجار المثمرة، حيث تعكس بنيته النباتية تكيفا عميقا مع البيئات الصحراوية القاسية. ويشمل هذا التركيب مجموعة من الأعضاء المتخصصة، مثل الجذور، الجذع، الأوراق، والأعضاء التكاثرية، التي تعمل بشكل متكامل لضمان بقاء النبات واستمراريته الإنتاجية[11]. كما أن العلاقة بين البنية والوظيفة في نخيل التمر ترتبط ارتباطا وثيقا بعمليات الفسيولوجيا النباتية، حيث تساهم كل بنية في تحقيق توازن مائي وغذائي داخل النبات، مما يسمح له بتحمل الجفاف والملوحة والحرارة المرتفعة[12].

1. الجذور

يمتلك نخيل التمر جهازا جذريا ليفيا يتميز بغياب الجذر الرئيسي، حيث يتكون من جذور عرضية تنشأ من قاعدة الجذع وتشكل شبكة تنتشر افقيا وعموديا، مع وجود جذور سطحية لامتصاص مياه الري والامطار واخرى عميقة تصل الى المياه الجوفية[1]. وتتميز هذه الجذور بقدرتها على التكيف مع الترب الفقيرة من خلال تفرعها الكبير الذي يزيد من كفاءة الامتصاص، كما تمتلك آليات لتنظيم التوازن مما يساعدها على تحمل الملوحة. ولا يقتصر دورها على الامتصاص فقط، بل تساهم ايضا في تثبيت النبات ومقاومة الرياح وتخزين بعض المواد الاحتياطية خلال فترات الاجهاد[13]

2. الساق والجذع

يتكون ساق نخيل التمر من جذع اسطواني طويل غير متفرع يمثل المحور الرئيسي للنبات، ويتميز بغياب النمو الثانوي واعتماده على نمو مستمر من القمة مما يزيد طوله دون حلقات سنوية واضحة. ويتكون داخليا من حزم وعائية مبعثرة داخل نسيج يمنحه القوة والمرونة لمقاومة الرياح، كما يغطي سطحه بقايا قواعد الاوراق التي تحميه وتقلل فقدان الماء. ويؤدي الجذع دورا مهما في نقل العصارة من الجذور الى الاوراق ونقل المواد المصنعة الى باقي الاجزاء خاصة الثمار، اضافة الى مساهمته في تخزين بعض المركبات لمواجهة فترات الاجهاد[1]

3. الأوراق

تتميز اوراق نخيل التمر بشكلها الريشي المركب، حيث تتكون من محور رئيسي يحمل عددا كبيرا من الوريقات، وقد يصل طولها الى عدة امتار مما يوفر مساحة لامتصاص الضوء. وتعد المركز الاساسي للتركيب الضوئي حيث تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية، كما تتميز بوجود طبقة تقلل فقدان الماء وتساعد على التكيف مع المناخ الجاف. ويساهم شكلها الضيق وترتيبها في تقليل التعرض المباشر للشمس وتحسين توزيع الضوء وزيادة كفاءة التركيب الضوئي، كما تلعب دورا في نقل المواد العضوية وتنظيم التوازن المائي داخل النبات[14].

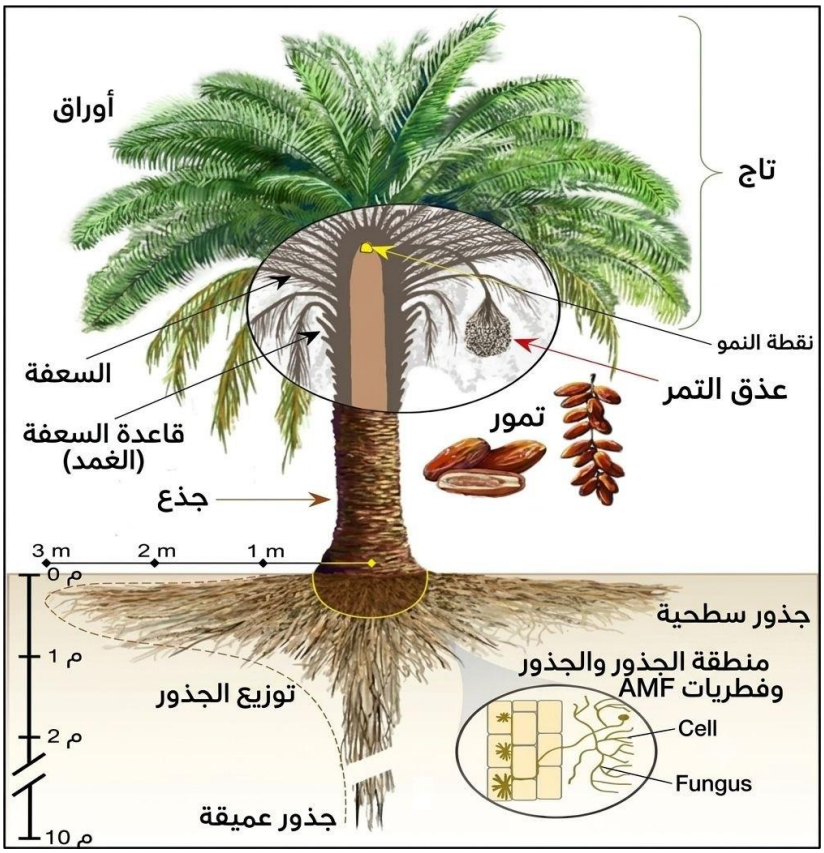
4. الأزهار

يمتاز نخيل التمر بنظام تكاثري خاص كونه نباتا ثنائي المسكن حيث توجد الازهار الذكرية والانثوية على اشجار منفصلة، وتظهر في شكل نورات كبيرة محاطة بغلاف ينفتح عند نضجها. تحتوي الازهار الذكرية على اسدية تنتج حبوب اللقاح بينما تضم الازهار الانثوية مبيضا يتحول الى ثمرة بعد الاخصاب، وتعد عملية التلقيح مرحلة مهمة تتم طبيعيا بالرياح او يدويا في الزراعة لتحسين الانتاج. وترتبط هذه المرحلة بتنظيم داخلي يعتمد على الهرمونات، كما تتأثر بالعوامل البيئية خاصة درجة الحرارة التي تؤثر على توقيت الازهار وجودة حبوب اللقاح.[15]

5. البذور

تتكون بذرة النخيل داخل الثمرة بعد الاخصاب وتتميز بشكلها المستطيل وصلابتها العالية، حيث يحميها غلاف صلب وتحتوي على مخزون غذائي غني يستعمل خلال الانبات. كما يتميز الجنين بقدرته على البقاء في حالة سكون حتى تتوفر الظروف المناسبة، وتتحمل البذرة الظروف القاسية مثل الجفاف والحرارة.

وتلعب دورا مهما في الحفاظ على النوع وضمان استمراريته وتوفير تنوع وراثي، رغم ان التكاثر بها لا يعتمد عليه في الانتاج التجاري[16].



الوثيقة (4): الوصف المورفولوجي لنخيل التمر

I.4. زراعة النخيل

تعد زراعة نخيل التمر من الأنشطة الزراعية الأساسية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تمثل ركيزة مهمة للاقتصاد الفلاحي والأمن الغذائي. ويتميز هذا النشاط بخصوصيات تقنية وبيئية مرتبطة بطبيعة النخيل كنوع نباتي متكيف مع الظروف القاسية، مما يتطلب ممارسات زراعية خاصة لضمان إنتاج جيد من حيث الكمية والنوعية. كما أن دراسة زراعة النخيل على المستويات العالمية والوطنية والمحلية تسمح بفهم التباين في طرق الإنتاج والعوامل المؤثرة فيه. [17]

1. عالميا

تنتشر زراعة نخيل التمر عالميا في المناطق الجافة وشبه الجافة خاصة في آسيا وافريقيا، وتتصدر الدول العربية انتاجه مثل مصر والسعودية والجزائر والعراق والامارات. وقد شهدت هذه الزراعة تطورا ملحوظا بفضل اعتماد تقنيات حديثة في الري والتسميد مثل الري بالتنقيط الذي يحسن استغلال المياه ويرفع

الانتاج، اضافة الى برامج التحسين الوراثي لانتاج اصناف ذات جودة عالية ومقاومة للامراض. كما توسعت زراعته الى مناطق جديدة خارج موطنه التقليدي مثل الولايات المتحدة واستراليا، مما يعكس قدرته على التكيف مع ظروف مختلفة[16]

2. وطنيا

تحتل زراعة النخيل في الجزائر مكانة استراتيجية مهمة خاصة في المناطق الصحراوية، حيث تنتشر ملايين الاشجار في ولايات مثل بسكرة والوادي وورقلة وغرداية. وتتميز الجزائر بإنتاج اصناف عالية الجودة على رأسها دقلة نور ذات الشهرة العالمية، وقد ساهمت السياسات الفلاحية في دعم هذا القطاع من خلال توسيع المساحات وتحسين تقنيات الانتاج. كما تعتمد هذه الزراعة على المياه الجوفية، مما يجعل حسن تسييرها ضروريا، وقد ساهمت تقنيات الري الحديثة في تحسين استغلال المياه وزيادة المردودية. [15]

3. محليا

على المستوى المحلي خاصة في ولاية الوادي، تعد زراعة نخيل التمر النشاط الفلاحي الرئيسي، حيث يعتمد الفلاحون على نظام الغوط الذي يقوم على غرس النخيل في التربة الرملية واستغلال المياه الجوفية القريبة دون تقنيات ري معقدة[10]، وقد ساهمت الظروف البيئية الملائمة مثل الحرارة المرتفعة وطبيعة التربة، اضافة الى خبرة الفلاحين، في نجاح هذه الزراعة. ومع ذلك شهدت السنوات الاخيرة ادخال تقنيات حديثة مثل الري بالتنقيط والتسميد، مما حسن الانتاج وجودة التمور، رغم استمرار دور الزراعة التقليدية في الحفاظ على التوازن البيئي[10].

الوثيقة (5): نظام الغوط في ولاية الوادي

5.I. التصنيف العلمي للنخيل

يعد التصنيف العلمي مهما في دراسة النباتات، اذ يحدد موقعها ويساعد على فهم علاقاتها، وتبرز اهميته في نخيل التمر من خلال التعرف على خصائصه وتمييزه عن الانواع القريبة اعتمادا على الصفات الشكلية والوراثية والدراسات الحديثة[13]

ينتمي نخيل التمر الى النباتات الزهرية واحاديات الفلقة، ويتميز بخصائص مثل الفلقة الواحدة والجذور الليفية والاوراق ذات التعريق المتوازي، مما يعكس تكيفه مع البيئات الجافة. كما ينتمي الى الفصيلة النخيلية ويصنف ضمن جنس النخيل الذي يضم عدة انواع، ويعد النوع المنتج للتمور الاهم اقتصاديا. [1]

يصنف نخيل التمر ضمن المملكة النباتية ثم كاسيات البذور فاحاديات الفلقة، ثم رتبة النخليات فالفصيلة النخيلية ثم جنس النخيل واخيرا نوع نخيل التمر، ويعتمد هذا التصنيف على الصفات الشكلية وخصائص النمو والتكاثر اضافة الى الدراسات الوراثية[13]. للتصنيف العلمي تطبيقات عملية في الزراعة، حيث يساعد في اختيار الاصناف وتحسين الانتاج ومقاومة الامراض وفهم التنوع الوراثي، مما يجعله اداة اساسية لدراسة نخيل التمر وتحسين جودة ثماره[9].

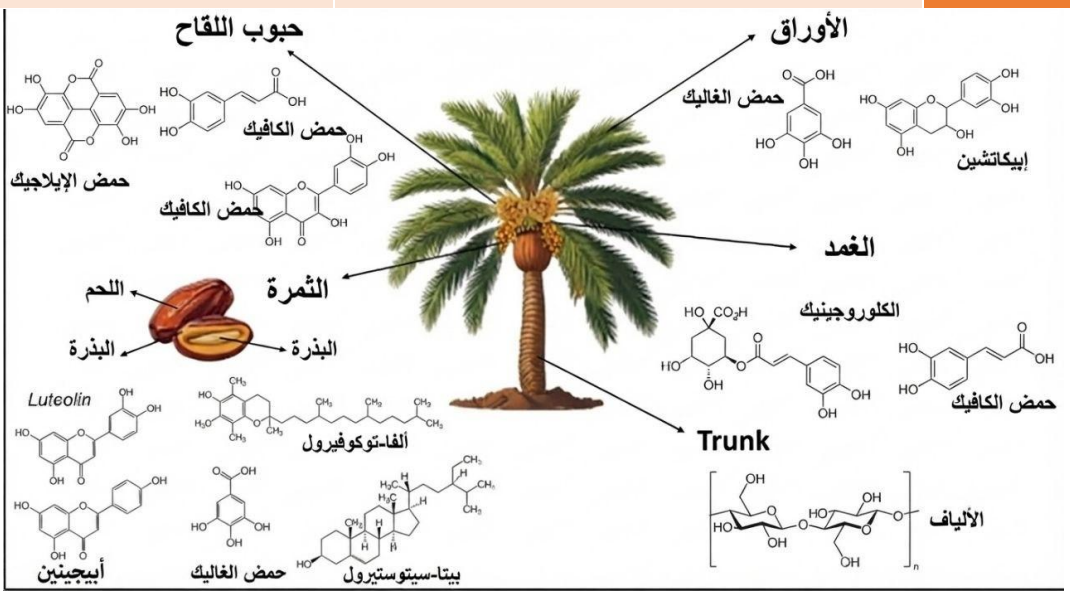
6.I. أهمية نبات النخيل

يعد نخيل التمر من أهم النباتات الزراعية لما يؤديه من أدوار بيئية واقتصادية وغذائية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة[10]، ولا تقتصر أهميته على إنتاج الثمار فقط، بل يساهم في تحقيق الأمن الغذائي ودعم الاقتصاد المحلي والمحافظة على التوازن البيئي داخل الواحات .كما يتميز بخصائص بيولوجية تمكنه من تحمل الظروف المناخية القاسية والاستمرار في الإنتاج .لذلك انتشر نخيل التمر على نطاق واسع وازدادت أهميته في ظل التغيرات المناخية الحالية[13]

جدول (1): الاهمية الاقتصادية والغذائية لنخيل التمر [11]

	الخصائص	الأهمية
الأهمية الاقتصادية لنخيل التمر	محصول استراتيجي في المناطق الصحراوية يعتمد على إنتاج التمور وتسويقها وتصديرها	مصدر مهم للدخل وداعم للاقتصاد المحلي
	استغلال أجزاء النخلة في البناء والصناعات التقليدية	يبرز تنوع الاستخدامات الاقتصادية
	توفير فرص العمل ودعم التنمية الريفية	يساهم في الاستقرار الاجتماعي والاقتصادي

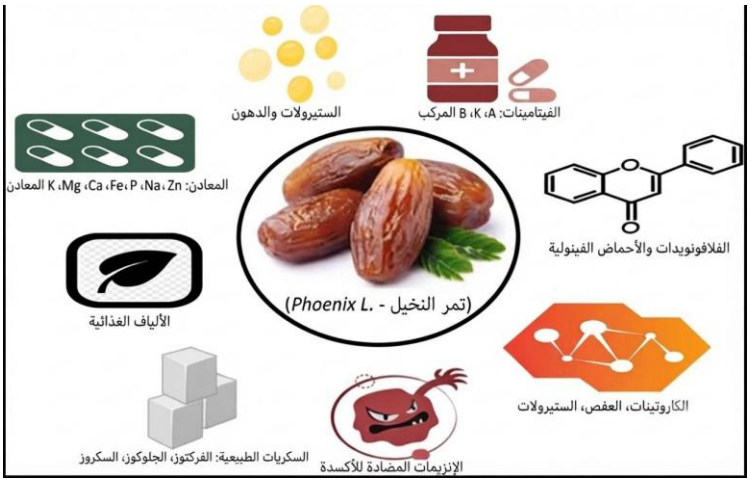
	حماية المحاصيل داخل النظام الواحي	يخفف من تأثير الظروف المناخية القاسية
الأهمية الغذائية للتمر	غني بالسكريات البسيطة	يوفر طاقة سريعة للجسم
	يحتوي على معادن وفيتامينات	يدعم وظائف الجسم والصحة العامة
	يضم مركبات مضادة للأكسدة مثل الفينولات والفلافونويدات	يساعد في الوقاية من بعض الأمراض
	غني بالألياف وسهل الهضم	يحسن الهضم وينظم حركة الأمعاء



الوثيقة (6): الأهمية الغذائية لجميع اعضاء نبات النخيل [11]

I.7. المحتوى والقيمة الغذائية لثمرة النخيل

تعتبر ثمار نخيل التمر من الأغذية الطبيعية ذات القيمة الغذائية العالية، حيث تجمع بين التركيب الكيميائي الغني والتنوع في المركبات الحيوية ذات التأثير الصحي. وقد حظيت هذه الثمار باهتمام كبير في الدراسات الحديثة، نظرا لدورها في توفير الطاقة والعناصر الأساسية للجسم، إضافة إلى احتوائها على مركبات فعالة بيولوجيا تساهم في الوقاية من العديد من الأمراض. ويعكس تحليل مكونات التمر فهما دقيقا للعلاقة بين تركيبه الكيميائي وخصائصه الفسيولوجية والتغذوية.[14]



الوثيقة (7): التركيب الغذائي لثمار التمر [14]

- **المركبات الكيميائية**

يشمل التركيب الكيميائي لثمرة التمر مكونات اساسية تحدد قيمتها الغذائية، وتختلف نسبها حسب الصنف ومرحلة النضج والظروف البيئية، وتعد السكريات العنصر الاهم حيث تشكل النسبة الاكبر وتوجد في شكل سكريات بسيطة سهلة الامتصاص تجعل التمر مصدرا سريعا للطاقة[16]. كما يحتوي على نسبة من الماء تنخفض مع النضج مما يؤدي الى تركيز المواد الصلبة ويؤثر على قوامه وقابليته للتخزين. يحتوي التمر ايضا على الياف غذائية تساهم في تحسين الهضم وتنظيم حركة الامعاء وتقليل امتصاص الدهون والسكريات، كما يتميز بغناه بالعناصر المعدنية مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد اضافة الى عناصر اخرى تساهم في دعم وظائف الجسم[15]. ويضم كذلك مجموعة من الفيتامينات خاصة فيتامينات المجموعة B التي تدخل في تنظيم العمليات الحيوية، اضافة الى كميات محدودة من فيتامين C، مما يجعله غذاء متكاملا يجمع بين الطاقة والعناصر الضرورية لصحة الانسان[1].

جدول (2): التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية للتمر [1]

المكون الكيميائي	القيمة الغذائية	الدور البيولوجي
الماء (Eau, H_2O)	20 – 25 %	الحفاظ على التوازن المائي داخل الجسم
الطاقة (Énergie, E)	280 – 320 Kilokalorie	مصدر رئيسي للطاقة السريعة
الكربوهيدرات (Glucides, G)	70 – 75 %	المصدر الأساسي للطاقة، خاصة الغلوكوز والفركتوز

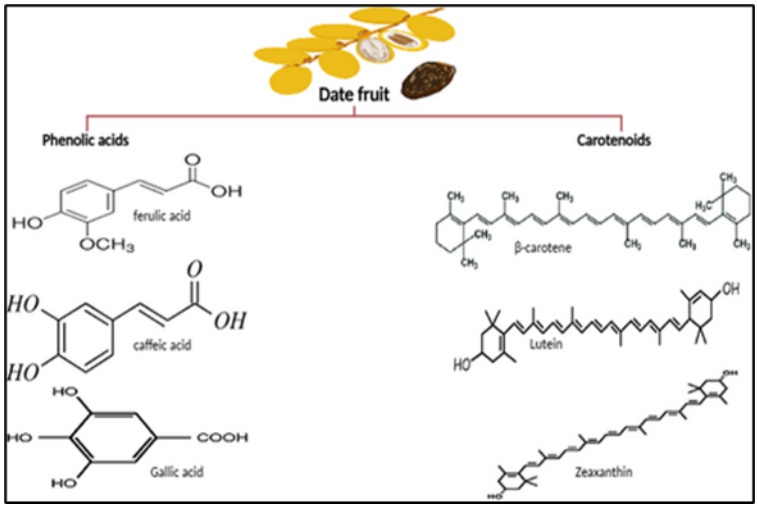
السكريات البسيطة (Sucres simples, SS)	65 – 70 %	سهلة الامتصاص وسريعة الاستعمال
الألياف الغذائية (Fibres alimentaires, FA)	6 – 8 %	تحسين الهضم وتنظيم حركة الأمعاء
البروتينات(Protéines, P)	2 – 3 %	تدخل في بناء الأنسجة والإنزيمات
الدهون(Lipides, L)	0.2 – 0.5 %	نسبة ضعيفة، تساهم في بعض الوظائف الحيوية
البوتاسيوم (Potassium, K)	600 – 800 mg	تنظيم توازن السوائل ووظائف العضلات
الكالسيوم(Calcium, Ca)	40 – 60 mg	تقوية العظام والأسنان
المغنيسيوم (Magnésium, Mg)	50 – 70 mg	تنظيم النشاط العصبي والعضلي
الحديد(Fer, Fe)	1 – 2 mg	تكوين الهيموغلوبين
الفوسفور(Phosphore, P)	50 – 70 mg	يدخل في بناء العظام والطاقة
الزنك(Zinc, Zn)	0.3 – 0.5 mg	تقوية المناعة وتنشيط الإنزيمات
فيتامين B1 (Thiamine, B1)	0.05 – 0.1 mg	تنظيم الأيض (Métabolisme, M)
فيتامين B2 (Riboflavine, B2)	0.05 – 0.1 mg	دعم العمليات الحيوية
فيتامين(Niacine, B3) B3	1 – 2 mg	إنتاج الطاقة داخل الخلايا
فيتامين C (Vitamine C, VC)	آثار ضئيلة	مضاد أكسدة

- **المركبات الفيتوكيميائية**

تحتوي ثمار التمر الى جانب مكوناتها الاساسية على مركبات فيتوكيميائية ذات نشاط بيولوجي مهم تساهم في تعزيز الصحة والوقاية من الامراض، ومن اهمها المركبات الفينولية التي تعمل كمضادات اكسدة وتساعد في تقليل الاجهاد التأكسدي، وتشمل الاحماض الفينولية والفلافونويدات التي تختلف حسب الصنف ومرحلة النضج[18]

كما يضم التمر مركبات الفلافونويدات التي تساهم في تقوية الجهاز المناعي وتقليل الالتهابات والوقاية من امراض القلب، اضافة الى الكاروتينويدات التي تمنح بعض الاصناف لونها وتساهم في حماية الخلايا ودعم صحة العين، وكذلك مركبات التانينات ذات الخصائص المضادة للبكتيريا والتي تقل نسبتها مع تقدم النضج[16]

وتكمن اهمية هذه المركبات في دورها الوقائي من الامراض المزمنة من خلال تقليل الاكسدة وتحسين وظائف الجسم، مما يجعل القيمة الغذائية للتمر لا تقتصر على العناصر الاساسية فقط بل تشمل ايضا هذه المركبات الحيوية التي تعزز اهميته كغذاء مفيد للصحة[15]



الوثيقة (8): المركبات الفيتوكيميائية والنشطة بيولوجيًا في ثمار التمر [16]

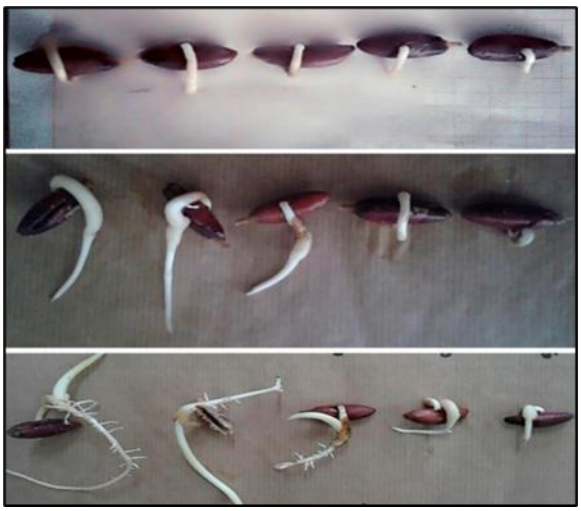
I.8. مراحل نمو النخيل

يمر نخيل التمر خلال دورة حياته بسلسلة من المراحل التطورية المتعاقبة التي تعكس تدرجا في النمو من الحالة الجنينية إلى الحالة الإنتاجية. وتخضع هذه المراحل لتنظيم دقيق من طرف العمليات الحيوية المرتبطة بالفسيولوجيا النباتية، حيث تتكامل عمليات الامتصاص، البناء، النقل، والتخزين لضمان تطور

النبات بشكل سليم. كما أن كل مرحلة من هذه المراحل تتميز بمتطلبات بيئية خاصة، ويؤثر أي اضطراب فيها على كفاءة النمو والإنتاجية النهائية، مما يجعل فهمها أمرا أساسيا في إدارة زراعة النخيل[17].

1. مرحلة الإنبات

تعد مرحلة الانبات بداية حياة نخيل التمر، حيث تبدأ بتفاعل البذرة مع الوسط الخارجي خاصة توفر الماء ودرجة الحرارة المناسبة، مما يؤدي الى انتفاخها وتنشيط الانزيمات التي تفكك المواد الغذائية المخزنة وتحولها الى مركبات بسيطة تستعمل في العمليات الحيوية [19] ويتميز انباته بكونه انباتا باطنيا، حيث يبقى جزء من البذرة في التربة بينما ينمو الجنين تدريجيا، فيبدأ الجذر الجنيني بالنمو لتثبيت النبات وامتصاص الماء، ثم تنمو السويقة الجنينية لتعطي اول ورقة قبل ان تتطور لاحقا. وتعتمد هذه المرحلة كليا على المخزون الغذائي داخل البذرة، لذلك يرتبط نجاحها بجودة البذور، كما تحتاج الى حرارة مرتفعة نسبيا ورطوبة مناسبة، اذ ان انخفاض الحرارة يبطئ الانبات وزيادة الرطوبة قد تؤدي الى التعفن، ورغم محدودية استعمال التكاثر بالبذور في الزراعة تبقى هذه المرحلة مهمة في الدراسات الوراثية لما توفره من تنوع جيني[20]

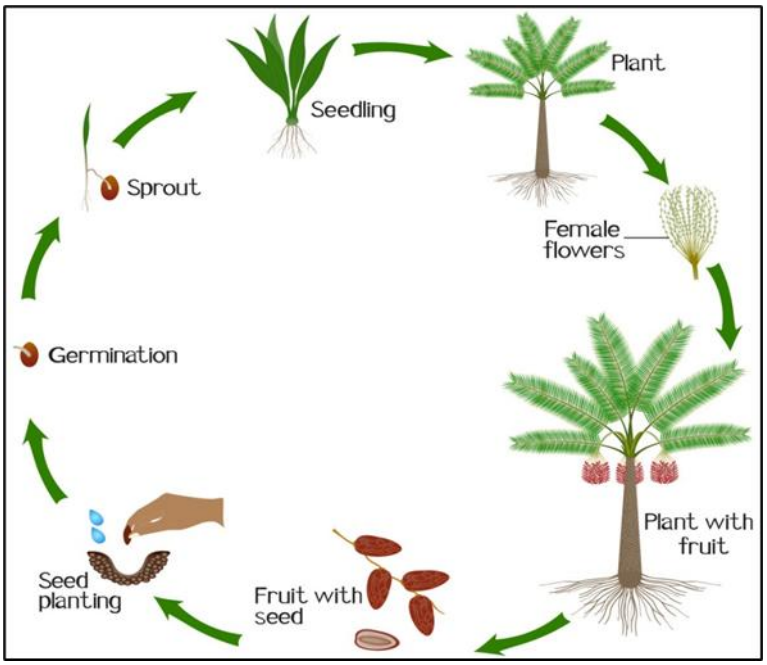


الوثيقة (9): مرحلة انبات بذور النخيل [20]

2. مرحلة النمو الخضري

تعد مرحلة النمو الخضري اطول مرحلة في حياة النخيل، حيث تمتد لعدة سنوات قبل دخول النبات في طور الاثمار، وخلالها يركز على بناء جهازه الخضري المتمثل في الجذور والساق والاوراق، وهي عناصر تحدد قدرته الانتاجية مستقبلا[19] ويتميز هذا النمو بزيادة عدد الاوراق وطولها وتحولها الى اوراق ريشية، مع تزايد سمك الساق نتيجة تراكم الانسجة، وتوسع النظام الجذري افقيا وعموديا لتحسين امتصاص الماء والعناصر المعدنية. كما تلعب عملية التركيب الضوئي دورا اساسيا في توفير الطاقة اللازمة للنمو،

مع نشاط عمليات نقل الماء والعناصر والمواد العضوية داخل النبات. وتتأثر سرعة النمو بعوامل مثل الاضاءة ودرجة الحرارة وتوفر الماء، حيث ان اي خلل في هذه الظروف قد يؤدي الى تباطؤ النمو ويؤثر سلبا على قدرة النخلة على الدخول في مرحلتي الازهار والاثمار وانتاجيتها[16]



الوثيقة (10): مرحلة النمو الخضري للنخيل [16]

3. مرحلة النمو الزهري والثمري

تمثل مرحلة الازهار والاثمار المرحلة النهائية في تطور نخيل التمر، حيث ينتقل النبات من النمو الخضري الى التكاثري بظهور النورات الزهرية، ويكون النخيل ثنائي المسكن بازهار ذكرية وانثوية على اشجار منفصلة. تخضع هذه المرحلة لتنظيم فسيولوجي مرتبط بعوامل داخلية وخارجية مثل الهرمونات ودرجة الحرارة، وتتم عملية التلقيح طبيعيا بالرياح او يدويا في الزراعة لضمان انتاج افضل[19]. بعد الاخصاب تبدأ الثمار في التكون وتمر بمراحل نمو تتغير فيها من حيث الحجم واللون والتركيب، مع نشاط قوي للتركيب الضوئي وانتقال السكريات الى الثمار وتراكمها فيها، كما ينخفض محتوى الماء تدريجيا مما يزيد تركيز السكريات، وتحدث تغيرات في المركبات الكيميائية تؤثر على القيمة الغذائية. وتتأثر هذه المرحلة بالظروف البيئية خاصة الحرارة وتوفر الماء، حيث يؤثر نقصه على حجم الثمار وجودتها، وتعد هذه المرحلة الاهم اقتصاديا لانها تحدد كمية ونوعية الانتاج[18].

9.I. الاحتياجات البيئية للنخيل

تعد الاحتياجات البيئية من أهم العوامل المحددة لنجاح زراعة نخيل التمر، حيث يرتبط نموه وتطوره وإنتاجيته بشكل مباشر بتوفر الظروف المناخية والترابية والمائية المناسبة. ويتميز نخيل التمر بقدرته على التكيف مع البيئات القاسية، إلا أن تحقيق إنتاج جيد من حيث الكمية والنوعية يتطلب توفر شروط بيئية دقيقة تتماشى مع خصائصه الفسيولوجية كما أن أي خلل في هذه العوامل يؤدي إلى اضطرابات في النمو وانخفاض في جودة الثمار، مما يجعل دراستها ضرورية في إطار تحسين الإنتاج[19].

1. الاحتياجات المناخية مثل الحرارة، الإضاءة، الرطوبة

يعتبر المناخ العامل الأساسي في تحديد مناطق انتشار نخيل حيث يحتاج إلى ظروف حرارية خاصة تتميز بارتفاع درجات الحرارة خلال معظم فترات السنة، كما يعكس التوازن بين الحرارة والإضاءة والرطوبة طبيعة تكيف النخيل مع المناخات الصحراوية:

- **الحرارة:**

تعد من أهم العوامل المؤثرة في مختلف مراحل نمو النخيل، إذ تتطلب مرحلة النمو الخضري درجات حرارة معتدلة إلى مرتفعة، بينما تحتاج مرحلة الإزهار ونضج الثمار إلى درجات حرارة عالية نسبيا، غالبا ما تتراوح بين 30 و40 درجة مئوية، لضمان تراكم السكريات وتحسين جودة التمور. وفي المقابل، فإن انخفاض درجات الحرارة، خاصة خلال فترة الإزهار، قد يؤدي إلى ضعف التلقيح وانخفاض نسبة العقد[20]

- **الإضاءة:**

ضرورية لضمان نشاط فعال لعملية التركيب الضوئي، حيث يحتاج النخيل إلى شدة إضاءة مرتفعة وعدد ساعات إضاءة طويل نسبيا. ويساهم توفر الإضاءة الكافية في زيادة إنتاج المادة العضوية وتحسين نمو الأوراق وتطور الثمار. وفي حال نقص الإضاءة، خاصة في الأنظمة الزراعية الكثيفة، قد يحدث انخفاض في النشاط الضوئي، مما ينعكس سلبا على الإنتاج[21]

- **الرطوبة:**

تلعب الرطوبة الجوية دورا مكملا للعوامل المناخية الأخرى، حيث يفضل النخيل مناخا جافا نسبيا، خاصة خلال فترة نضج الثمار، إذ أن ارتفاع الرطوبة قد يؤدي إلى انتشار الأمراض الفطرية وتدهور جودة

التمور. في حين أن الرطوبة المعتدلة خلال المراحل الأولى من النمو تساعد على تحسين النشاط الفسيولوجي وتقليل فقدان الماء عبر النتح[22].

2. الاحتياجات الترابية مثلpH

تعد التربة الوسط الاساسي لنمو النخيل حيث توفر له التثبيت والماء والعناصر المعدنية، وتلعب خصائصها الفيزيائية والكيميائية دورا مهما في ذلك، اذ يفضل النخيل الترب العميقة جيدة الصرف خاصة الرملية او الرملية الطمية التي تساعد على تهوية الجذور وانتشارها[19]. كما يؤثر تفاعل التربة على توفر العناصر الغذائية، حيث يفضل تربة متعادلة الى قاعدية قليلا، في حين ان القيم غير المناسبة قد تعيق امتصاص بعض العناصر وتسبب نقصا غذائيا. وتعد الملوحة ايضا عاملا مهما، اذ يتحملها النخيل نسبيا لكنه يتأثر بارتفاعها الكبير الذي يعيق امتصاص الماء ويسبب اجهادا، رغم امتلاكه قدرة على التكيف عبر تنظيم التوازن داخل خلاياه. [17]

3. الاحتياجات المائية

رغم قدرة نخيل التمر على مقاومة الجفاف، الا انه يحتاج الى كميات كافية من الماء لضمان نموه وانتاجيته خاصة في البيئات الصحراوية، حيث يعتمد في الطبيعة على المياه الجوفية بينما يستخدم الري في الزراعة الحديثة. وتختلف احتياجاته المائية حسب مراحل النمو، اذ تكون مرتفعة خلال النمو الخضري وتكوين الثمار وتقل خلال النضج، كما ان نقص الماء في الفترات الحساسة يؤدي الى انخفاض حجم الثمار وتدهور جودتها او تساقطها[18] ويرتبط امتصاص الماء ونقله داخل النبات بعمليات النتح والضغط الجذري التي تسمح بنقل الماء والعناصر داخل النبات، كما يساهم الماء في نقل المواد الغذائية. وقد ساعدت تقنيات الري الحديثة مثل الري بالتنقيط في تحسين استغلال المياه وتقليل الهدر وتحسين جودة التمور، لذلك يعد التوازن في توفير الماء عاملا اساسيا لنجاح زراعة النخيل وضمان انتاج جيد[15]

الوثيقة (11): نظام الري بالتنقيط في النخيل

I.10. أمراض النخيل وطرق مكافحتها

يتعرض نخيل التمر لعدة امراض وافات تصيب مختلف اجزائه من الجذور الى الثمار، مما يؤثر على نموه وانتاجيته وجودة ثماره، وتتنوع مسبباتها بين فطريات وبكتيريا وحشرات تعيق العمليات الحيوية مثل الامتصاص والنقل والتركيب الضوئي. وتزداد خطورتها بقدرتها على الانتشار السريع خاصة في الظروف البيئية الملائمة، مما يستدعي اعتماد مكافحة متكاملة تقوم على الوقاية والتشخيص المبكر والتدخل المناسب للحد من تأثيرها[22]

الجدول (3): أمراض النخيل وطرق مكافحتها

المرض / الآفة	المسبب	طريقة الإصابة والانتشار	الأعراض	التأثيرات	طرق المكافحة
مرض البيوض	فطر يعيش في التربة	ينتقل عبر التربة الملوثة او الفسائل، يخترق الجذور ثم يصل الى الاوعية	اصفرار يبدأ من جهة واحدة، خطوط بنية داخلية، جفاف تدريجي حتى موت النخلة	انسداد الاوعية، توقف نقل الماء، ضعف التركيب الضوئي وتدهور عام	استعمال فسائل سليمة، عدم نقل التربة الملوثة، اقتلاع النخيل المصاب، زراعة اصناف مقاومة
تعفن الجذور	فطريات أرضية	تصيب الجذور الدقيقة ثم تنتشر	اصفرار الاوراق، ضعف	ضعف الامتصاص، نقص	تحسين صرف التربة، تنظيم الري، تهوية

		وتسبب تحللها خاصة مع الرطوبة العالية	النمو، ذبول رغم توفر الماء، تعفن الجذور	التغذية، انخفاض التركيب الضوئي	التربة، استعمال مبيدات او مكافحة بيولوجية
لفحة الاوراق	فطريات	تصيب الوريقات في ظروف رطبة وتنتشر على سطح الورقة	بقع صفراء او بنية تتوسع وتصبح نخرية	تقليل المساحة الخضراء، ضعف التركيب الضوئي، تساقط الاوراق	ازالة الاوراق المصابة، تحسين التهوية، تقليل الرطوبة، استعمال مبيدات وقائية
سوسة النخيل الحمراء	حشرة	تضع البيض في الجذع، اليرقات تحفر داخله وتدمر الانسجة	ثقوب في الجذع، خروج سوائل، ضعف التاج وانحناء السعف	تدمير داخلي، تعطيل نقل العصارة، احتمال انهيار النخلة	مراقبة دورية، مصائد، مبيدات داخل الجذع، ازالة الاشجار المصابة، تجنب الجروح
دودة البلح	حشرة	تضع البيض على الثمار، اليرقات تتغذى على اللب	ثقوب في الثمار، تعفن، تغير اللون	تلف الثمار، فقدان القيمة الغذائية والتجارية	جمع الثمار المصابة، استعمال مبيدات، تغطية العذوق، النظافة الزراعية، مكافحة بيولوجية

الوثيقة (12): اعراض مرض البيوض على سعفة النخيل [19]

الوثيقة (13): دودة التمر وبيوضها داخل التمر [17]

الوثيقة (14): أضرار داخلية شديدة وتعفن ناتج عن نشاط يرقات سوسة النخيل الحمراء

الفصل الثاني: مياه الري

I. مياه الري

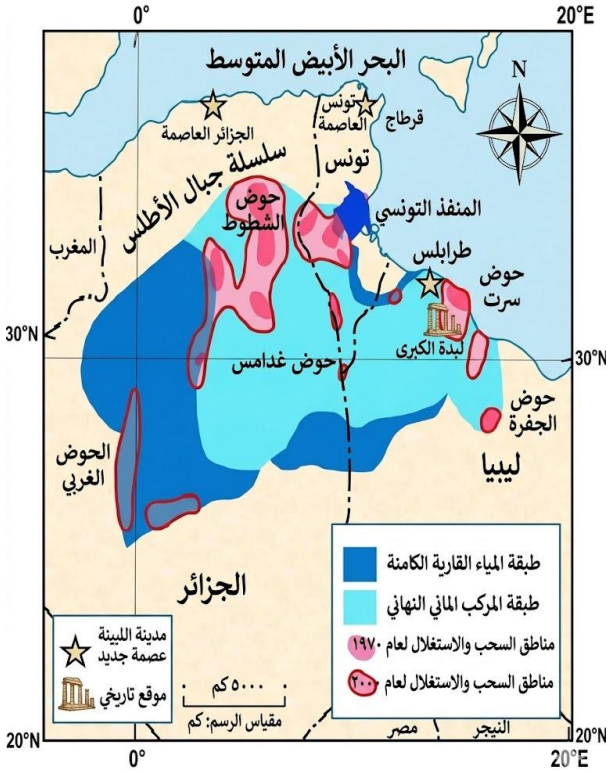
تعد مياه الري عاملا أساسيا في نجاح الإنتاج الزراعي، خاصة في المناطق الجافة التي تعاني من نقص التساقطات، حيث يعتمد نمو النبات بشكل مباشر على توفر الماء من حيث الكمية والنوعية، ويقصد بمياه الري كل المياه التي تضاف إلى التربة بشكل اصطناعي لتعويض النقص الطبيعي وتلبية احتياجات النبات خلال مراحل نموه المختلفة، سواء باستعمال طرق تقليدية أو حديث، كما يلعب الماء دورا حيويا داخل النبات، إذ يساهم في نقل العناصر المعدنية من التربة، كما يدخل في العمليات الحيوية مثل البناء الضوئي والحفاظ على تماسك الخلايا وتنظيم درجة الحرارة[23].

1.I. مصادر مياه الري

تتنوع مصادر مياه الري حسب الظروف المناخية والجغرافية لكل منطقة، وتلعب هذه المصادر دورا أساسيا في تحديد استدامة النشاط الزراعي وكفاءته. ويعتمد اختيار مصدر مياه الري على توفره، نوعيته، وتكلفته، إضافة إلى مدى ملاءمته لاحتياجات النبات[24]، وتكتسي دراسة مصادر المياه أهمية كبيرة، خاصة في المناطق الجافة التي تعاني من ندرة الموارد المائية، حيث يصبح من الضروري تنويع مصادر المياه لضمان استمرارية الإنتاج الزراعي[25]

1.1.I. المياه الجوفية

تمثل المياه الجوفية الركيزة الأساسية لإمدادات مياه الري في المناطق الجافة والصحراوية بالجزائر، حيث تغطي ما يقارب 96% من الاحتياجات الزراعية في الجنوب[26]، وحوالي 69% من إجمالي المساحات المسقية وطنيا، وتتوزع هذه الموارد هيدروليكيا ضمن طبقات جيولوجية تحت سطحية تُعرف بـ النظام المائي لشمال الصحراء (NWSAS)[27] (كما موضح في الوثيقة15)، والذي يمتد على مساحة شاسعة تحوز الجزائر على 70% منها، ويتم استغلال هذه المكامن عبر حفر الآبار الارتوازية والعميقة بمعدلات ضخ تتجاوز حالياً 3.5 مليار متر مكعب سنوياً[28].



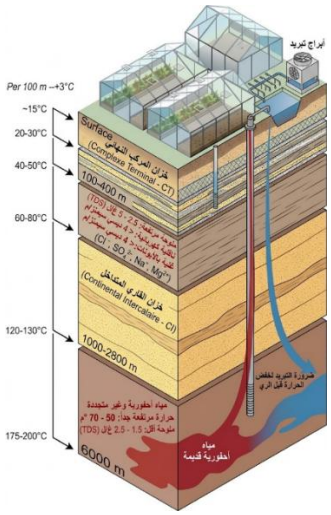
الوثيقة (15): الامتداد الجغرافي والطبقي للنظام المائي لشمال الصحراء (NWSAS)، ويوضح تمركز الخزان الجوفي المشترك بين الجزائر وتونس وليبيا[29].

وتُصنف هذه الموارد تقنيًا وكيميائيًا بناءً على العمق والتكوين الصخري (الليثولوجي) إلى خزانين رئيسيين (كما هو موضح فالوثيقة)، تختلف خصائصهما الفيزيائية والكيميائية بشكل مباشر، مما يؤثر على جودة مياه الري واستدامة التربة[30].

-خزان المركب النهائي (Complexe Terminal - CT): يتراوح عمقه عمومًا بين 100 إلى 400 متر، ويمتاز هذا الخزان بملوحة مرتفعة، حيث تتراوح نسبة الأملاح الذائبة الكلية فيها بين 2.5 غرام في اللتر إلى 5 غرام في اللتر، مع تسجيل ناقلية كهربائية تتجاوز 4 ديسي سيمنز لكل متر، كما تعتبر مياه هذا الخزان غنية جداً بأيونات الكبريتات، الكلوريد، الصوديوم، والماغنسيوم، مما يرفع بشكل كبير من مخاطر تملح التربة الزراعية عند استخدامها دون معالجة أو إدارة ملائمة[31].

-خزان القاري المتداخل (Continental Intercalaire - CI): ويمثل خزانًا عميقًا جداً يتراوح عمقه بين 1000 إلى 2800 متر، وهو يحتوي على مياه أحفورية قديمة وغير متجددة، على الرغم من أن مياهه تمتاز بملوحة أقل نسبياً تتراوح بين 1.5 غرام في اللتر إلى 2.5 غرام في اللتر، إلا أنها تتدفق بدرجات حرارة مرتفعة جداً (مياه حرارية جوفية) تتراوح بين 50 إلى 70 درجة مئوية، هذا الارتفاع الحراري العالي

يفرض، من منظور هندسة الطرائق والمنشآت الهيدروليكية، ضرورة إمرار هذه المياه عبر أبراج تبريد لخفض حرارتها قبل استخدامها في عمليات الري، وذلك لتفادي حدوث صدمة حرارية لجذور النباتات وتدهور المحصول[32].

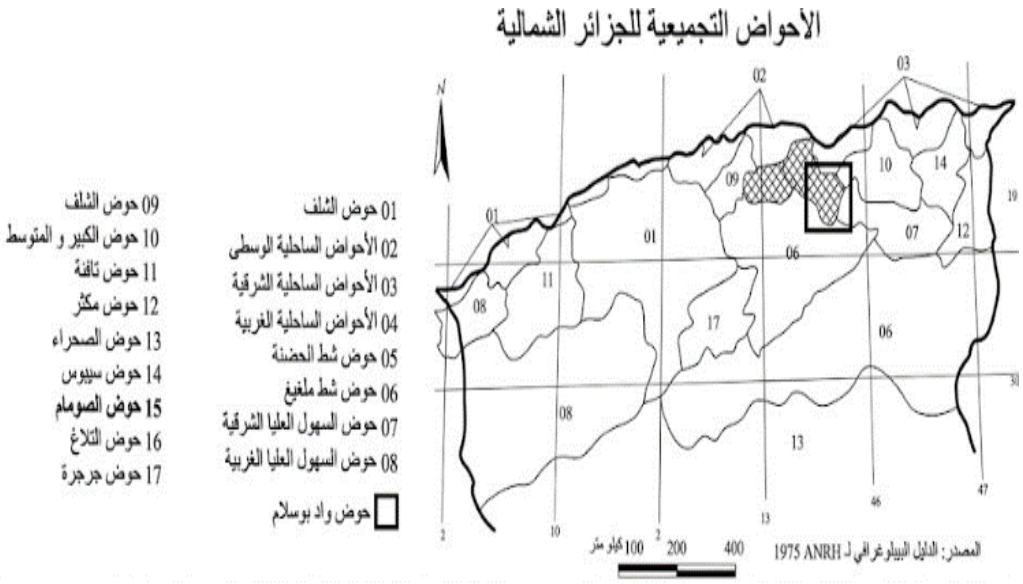


الوثيقة (16): مخطط قطاعي ثلاثي الأبعاد يوضح التدرج الطبقي والحراري لخزانَي المركب النهائي (CT) والقاري المتداخل (CI) وآلية تبريد المياه قبل الري.

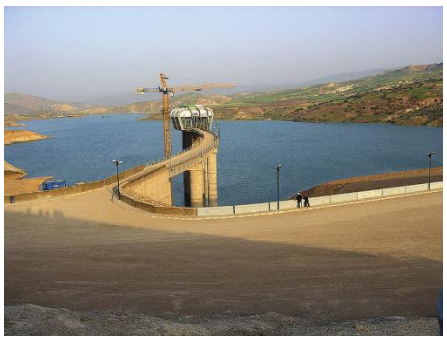
I.2.1. المياه السطحية

تشمل المياه السطحية الأنهار، البحيرات، السدود، والأودية، وتعد من المصادر التقليدية لمياه الري في العديد من المناطق(كما هو موضح فالوثيقة17)، حيث تعتمد الزراعة في هذه الحالة على مياه الأمطار المتجمعة في هذه المسطحات المائية، وتتوزع الموارد المائية السطحية عالمياً وإقليمياً بشكل غير متجانس، ففي سياق المغرب العربي والجزائر تحديدا[33]، تشير الإحصائيات الهيدرولوجية إلى أن الجريان السطحي يتركز بشكل شبه كلي في المناطق الشمالية (المجاري المائية الساحلية والتلية)، حيث تقدر الإيرادات السطحية السنوية الإجمالية بنحو 12.4 مليار متر مكعب، يتركز أكثر من 80% منها في الحوض الهيدروغرافي الشرقي[34]، والوسط بسبب الفوارق المناخية ومعدلات التساقط [35]وفي المقابل، تعاني المناطق السهبية والجنوبية (مثل منطقة وادي ريغ وحوض الصحراء) من شبه انعدام للمياه السطحية الدائمة[36]، حيث تقتصر على السيول الفجائية والأودية المؤقتة وتجمعات الشطوط والسبخات التي تتميز بمعدلات تبخر عالية جداً وتملح سريع للمياه، مما يجعل الاعتماد كاملاً على الموارد الجوفية[37]، وتلعب المنشآت الهيدروليكية كالسدود(كما موضح فالوثيقة18) (التي تفوق طاقة استيعابها الإجمالية في الجزائر 8 مليار

متر مكعب) دوراً حيوياً في تخزين هذا التدفق السطحي المذبذب وتوجيهه للأغراض الفلاحية والصناعية ، لضمان توزيعها بشكل منتظم واستدامتها[38].



الوثيقة (17): خريطة الأحواض الهيدروغرافية في الجزائر التي توضح التوزيع الجغرافي للموارد المائية السطحية وتمركزها في الأقاليم الشمالية.[39]



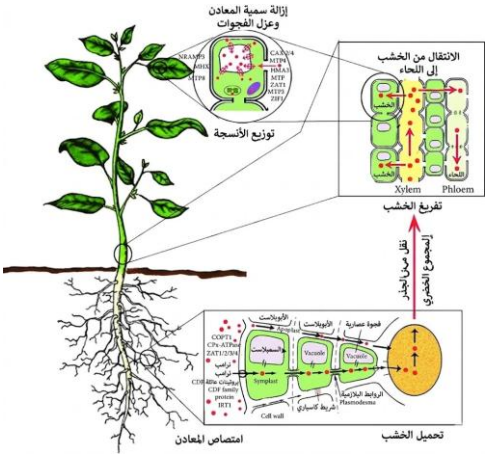
الوثيقة (18): نموذج لتخزين وتعبئة المياه السطحية عبر المنشآت الهيدروليكية (السدود)[40] .

I.3.1. المياه المعالجة

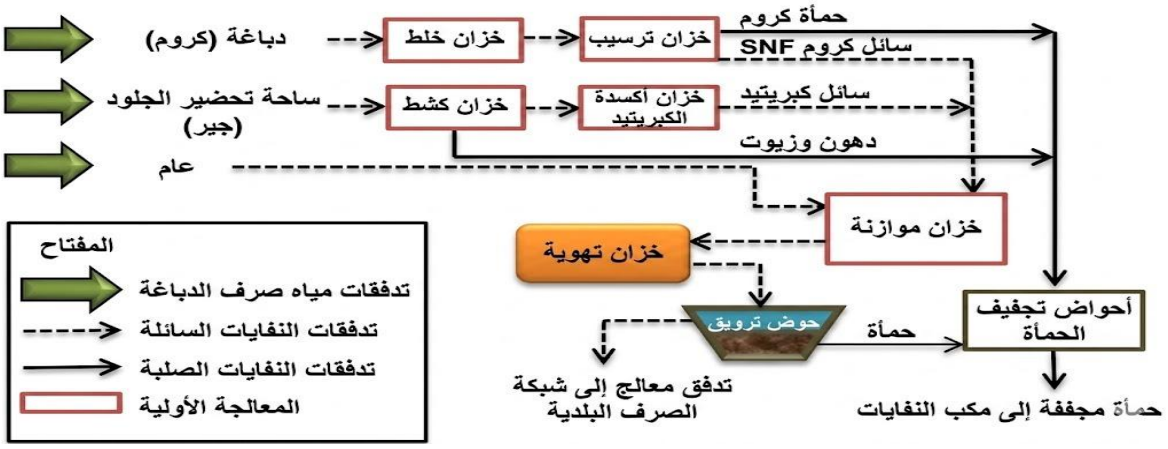
تمثل المياه المعالجة مصدرا بديلا متزايد الأهمية في ظل ندرة المياه، وهي مياه تم إخضاعها لعمليات معالجة بهدف إزالة الملوثات وجعلها صالحة للاستعمال الزراعي، وتشمل هذه المياه مياه الصرف الصحي أو الصناعي بعد معالجتها بطرق مختلفة[41]، وتكشف المؤشرات الإحصائية الحالية في الجزائر عن وجود شبكة وطنية هيدروليكية تضم أكثر من 200 محطة عامة لتطهير ومعالجة مياه الصرف الصحي (STEP)

تشرف عليها الدولة (ONA, 2022) (كما هو موضح فالوثيقة20)، حيث تساهم هذه المنشآت في إنتاج وتوفير طاقة إجمالية تقارب 1.2 مليار متر مكعب سنوياً من المياه المطهّرة والجاهزة لإعادة الاستغلال[42].

تتميز هذه المياه بإمكانية إعادة استخدامها، مما يساهم في الحفاظ على الموارد المائية الطبيعية، كما أنها قد تحتوي على بعض العناصر الغذائية التي يمكن أن تفيد النبات، مثل النيتروجين والفوسفور[43]، ورغم هذه المؤشرات الإيجابية، فإن استعمال المياه المعالجة يتطلب مراقبة تقنية وتحاليل مخبرية دقيقة لنوعيتها وخصائصها الفيزيوكيميائية والبكتيريولوجية، وذلك لتجنب تراكم المعادن الثقيلة أو المواد الضارة في الآفاق السطحية للتربة (كما هو موضح فالوثيقة19)، أو انتقالها عبر الجذور إلى الأنسجة النباتية، مما قد يؤثر سلباً على صحة الإنسان والمنظومة البيئية المحيطة[44].



الوثيقة (19): رسم تخطيطي يوضح آلية تراكم وانتقال العناصر الكيميائية والمعادن من المياه المعالجة إلى التربة والمنظومة النباتية[45].



الوثيقة (20): مخطط تكنولوجي يوضح مراحل معالجة مياه الصرف الصحي (STEP) لإنتاج مياه صالحة للاستخدام الزراعي[46].

2.I. خصائص مياه الري الفيزيائية

تلعب الخصائص الفيزيائية لمياه الري دورا أساسيا في تحديد مدى ملاءمتها للاستعمال الزراعي، حيث تؤثر بشكل مباشر على التربة والنبات وعلى كفاءة العمليات الحيوية، وتشمل هذه الخصائص مجموعة من العوامل التي تعكس الحالة الفيزيائية للماء، مثل درجة الحرارة والعكارة والتوصيل الكهربائي، والتي يجب دراستها بدقة لأنها قد تؤثر على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، وبالتالي على نمو النبات وإنتاجيته[47].

1. درجة الحرارة

تعد درجة حرارة مياه الري من العوامل الحرجة المؤثرة في النظام (ماء–تربة–نبات) من الناحية الفيزيولوجية، تختلف استجابة النبات تبعاً للمجالات الحرارية للمياه، إذ تُصنف المياه الي

درجة حرارتها أقل من 15°C: يتسبب انخفاض درجة الحرارة في زيادة اللزوجة الديناميكية للماء[48]، مما يرفع من مقاومة تدفق السائل داخل القنوات الدقيقة للجذور، ويؤدي هذا التغير الفيزيائي، مصحوباً بالانكماش المفاجئ للأغشية الخلوية (الصدمة الحرارية)، إلى كبح نفاذية الجذور وإعاقة الامتصاص الأسموزي الفعال للمياه والعناصر المغذية.[49]

مجال درجات الحرارة المعتدلة (من 18°C إلى 24°C):يمثل هذا المجال النطاق الحراري المثالي، ويقع في حد التوازن الحركي والبيولوجي المناسب للنظام الزراعي [50]، ويتمثل دوره الفيزيائي في خفض لزوجة المياه وزيادة سيولتها وحركيتها، مما يسهل انتشار وتغلغل محلول الري بالتساوي بين حبيبات التربة. ومن الناحية الكيميائية، تحفز هذه الطاقة الحرارية المعتدلة معدل ذوبان الأسمدة والعناصر الغذائية في الماء [51] ،وتزيد من الطاقة الحركية للأيونات، مما يسرّع من عمليات التبادل الأيوني بين معقد التربة وجذور النبات وتنشيط وظائفه الحيوية[52].

مجال درجات الحرارة المرتفعة (أعلى من 30°C): يقع هذا النطاق في حد الحرارة المرتفعة أو الساخنة التي تتجاوز حد الأمان البيئي للنبات والتربة. ويكمن دوره فيزيائياً وكيميائياً في خضوعه لقانون طرد الغازات العكسي، حيث تقل قدرة الماء على استيعاب الغازات كلما ارتفعت حرارته، مما يؤدي إلى انخفاض حاد في مستويات الأكسجين المذاب في مياه الري [53]، ويتسبب هذا النقص في تحويل بيئة التربة إلى بيئة اختزالية (لا هوائية)، مما يؤدي إلى اختناق الجذور وموت الكائنات الحية الدقيقة الهوائية وتدهور الخصوبة [54].

2. العكارة

تعبر العكارة عن مدى وجود مواد عالقة في الماء، وتؤثر هذه الخاصية بشكل مباشر على جودة مياه الري[55]، حيث أن ارتفاع العكارة قد يؤدي إلى انسداد أنظمة الري، خاصة الري بالتنقيط، كما قد يترتب عنه ترسب المواد في التربة[56]، كما أن وجود المواد العالقة قد يحد من نفاذية الماء داخل التربة، مما يؤثر على توزيع الماء حول الجذور لذلك، فإن المياه ذات العكارة المنخفضة تعتبر أكثر ملاءمة للري، خاصة في الأنظمة الحديثة[57].

وتشمل المواد العالقة المسببة للعكارة في مياه الري طيفاً واسعاً من المكونات التي يمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

- **المواد العالقة غير العضوية (Inorganic Matter):** وتتمثل أساساً في حبيبات الطمي (Silt)، الطين (Clay)، والجزيئات الرملية الدقيقة الناتجة عن تعرية التربة وجرف الصخور. هذه الجزيئات المعدنية الدقيقة هي المسؤولة الأولى عن الانسدادات الميكانيكية في شبكات الري بالتنقيط (Drip emitters) وتغير بنية المسامية السطحية للتربة[58].
- **المواد العالقة العضوية (Organic Matter):** وتضم بقايا النباتات المتحللة، الأحماض الهيومية (Humic substances)، والمخلفات العضوية الناتجة عن صرف المياه غير المعالجة، تساهم هذه المواد في تشكيل "الطبقة الحيوية" (Biofilm) داخل الأنابيب عند تفاعلها مع الكائنات الدقيقة[59].
- **الكائنات الحية الدقيقة (Microorganisms & Plankton):** وتشمل الطحالب (Algae)، البكتيريا، الفطريات، والعوالق النباتية والحيوانية، تنمو هذه الكائنات وتتكاثر بسرعة داخل أنظمة الري عند توفر الإشعاع الشمسي والمغذيات، مما يؤدي إلى تراكمها سدّ المنقطات بشكل تدريجي[60].

3. التوصيل الكهربائي EC

التوصيل الكهربائي يمثل قدرة الماء على توصيل التيار الكهربائي، وهو مؤشر مهم على كمية الأملاح الذائبة فيه فكلما ارتفعت قيمة التوصيل الكهربائي، دل ذلك على زيادة تركيز الأملاح، مما قد يؤثر على التربة والنبات. وتؤدي المياه ذات التوصيل الكهربائي المرتفع إلى تراكم الأملاح في التربة، وهو ما قد يسبب مشاكل مثل تملح التربة وصعوبة امتصاص الماء من طرف النبات[61]، كما أن ارتفاع الأملاح قد يؤدي إلى إجهاد مائي للنبات، حتى في حالة توفر الماء لذلك، يعتبر قياس التوصيل الكهربائي من أهم المعايير الفيزيائية التي يتم اعتمادها لتقييم جودة مياه الري، حيث يساعد في تحديد مدى ملاءمتها للاستعمال الزراعي واتخاذ الإجراءات اللازمة عند ارتفاعه[62].

ولتقييم مدى ملاءمة مياه الري بناءً على قيم التوصيل الكهربائي Ec، يُعتمد عالمياً على تصنيف منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، والذي يحدد درجات القيود المفروضة على الاستخدام كالتالي:

الجدول (4): حدود تحمل المحاصيل المختلفة للتوصيل الكهربائي لمياه الري [41].

تصنيف المحصول	أمثلة على المحاصيل	الحد الحرج للتوصيل الكهربائي لمياه الري ECw (dS/m)	نسبة انخفاض الإنتاجية عند تخطي الحد
محاصيل متحملة جداً (Tolerant)	الشعير (Barley)، النخيل	8.0 – 5.3	يبدأ الانخفاض التدريجي بعد 5.3 dS/m
محاصيل متوسطة التحمل (Moderately Tolerant)	القمح (Wheat)، الذرة، عباد الشمس	4.0	ينخفض المحصول بنسبة 10\% عند 4.9 dS/m
محاصيل متوسطة الحساسية (Moderately Sensitive)	الطماطم، البطاطا، البرسيم	2.5 – 1.7	ينخفض المحصول بنسبة 25\% عند 3.4 dS/m
محاصيل حساسة (Sensitive)	الفراولة، الفاصوليا، الجزر	1.0 >	يحدث تراجع حاد في الإنتاجية عند أي زيادة

3.I. الخصائص الكيميائية لمياه الري

تعد الخصائص الكيميائية لمياه الري من أهم العوامل التي تحدد مدى صلاحيتها للاستعمال الزراعي، حيث تؤثر بشكل مباشر على خصوبة التربة وصحة النبات وتعكس هذه الخصائص تركيز ونوع العناصر الذائبة في الماء، والتي قد تكون مفيدة للنبات أو ضارة به حسب نسبها لذلك، فإن دراسة هذه الخصائص ضرورية لتفادي مشاكل مثل تملح التربة أو السمية، وضمان توازن غذائي مناسب للنبات[63].

- **الرقم الهيدروجيني pH**

يعبر الرقم الهيدروجيني عن درجة حموضة أو قلوية مياه الري، وهو من المؤشرات الأساسية التي تؤثر على توفر العناصر الغذائية في التربة. فإذا كانت المياه شديدة الحموضة أو القلوية، فإن ذلك قد يعيق امتصاص بعض العناصر الضرورية مثل الحديد والزنك. وتتراوح القيم المناسبة لمياه الري عادة بين 6.5 و 8.5، حيث تكون معظم العناصر الغذائية متاحة للنبات ضمن هذا المجال. أما القيم الخارجة عن هذا النطاق فقد تؤدي إلى اختلال في التوازن الكيميائي للتربة[64] .

عند خروج الرقم الهيدروجيني PH لمياه الري عن النطاق الأمثل والمسموح به عالمياً والمحدد بين (6.5 – 8.5)، تحدث اختلالات كيميائية وفيزيائية حادة تؤثر مباشرة على التربة، النبات، وشبكات الري كما هو موضح فالجدول التالي.

الجدول (5): تأثير قيم الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الري على التربة، النبات، وشبكات الري[43].

النطاق	نوع المياه	التأثير على النبات والتربة	التأثير على شبكة الري
أقل من 6.5	حامضية شديدة	تسمم بالألومنيوم والمنجنيز، نقص الكالسيوم والمغنيسيوم، موت البكتيريا النافعة.	تآكل الأنابيب والمعدات المعدنية.
6.5 – 8.5	مثالي وآمن	أقصى إتاحة للعناصر الغذائية، نمو متوازن للجذور، نشاط ميكروبي ممتاز.	آمن على الشبكة ولا يسبب ترسبات حادة.
أكبر من 8.5	قلوية شديدة	ترسيب الفوسفور والحديد والزنك، اصفرار الأوراق، تدهور نفاذية التربة.	انسداد النقاطات وترسب كربونات الكالسيوم.

- **الأملاح الذائبة الكليةTDS**

تشير الأملاح الذائب ة الكلية إلى مجموع الأملاح المعدنية المذابة في الماء، وهي مؤشر مهم على جودة مياه الري وتشمل هذه الأملاح مركبات مثل الكلوريدات والكبريتات والبيكربونات[65].

ارتفاع تركيز هذه الأملاح قد يؤدي إلى تراكمها في التربة، مما يسبب ما يعرف بظاهرة التملح، التي تؤثر سلبا على قدرة النبات على امتصاص الماء. كما قد تؤدي إلى ظهور أعراض إجهاد مائي حتى في حالة توفر الماء، بسبب صعوبة امتصاصه من قبل الجذور[56].

- **الكاتيونات(Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+})**

1. **مجال الجودة العالية (مياه غنية بالكالسيوم والمغنيسيوم)**

تكون مياه الري ذات جودة ممتازة وتحسن من خصائص التربة عندما يكون تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فيها مرتفعاً مقارنة بالصوديوم، بحيث تكون قيمة مؤشر "نسبة امتزاز الصوديوم" (SAR) أقل من 3[66]، في هذا المجال الآمن، يلعب الكالسيوم والمغنيسيوم دوراً بنائياً هاماً؛ حيث يساعدان على تجميع حبيبات التربة الدقيقة وتثبيتها، هذا التجميع يمنح التربة بنية إسفنجية مثالية، مما يضمن نفاذية ممتازة للماء، ويسهل حركة الهواء (التهوية) داخل التربة، ويسمح للجذور بالنمو والتعمق بحرية[67].

2. مجال الخطورة (مياه غنية بالصوديوم)

تدخل المياه في نطاق الخطورة المسببة لتدهور التربة عندما يرتفع تركيز الصوديوم بشكل حاد ويتجاوز مؤشر SAR القيمة 9، عند الري المستمر بهذه المياه، يحل الصوديوم محل الكالسيوم والمغنيسيوم على حبيبات الطين[68]، مما يؤدي إلى ظاهرة "تشتت التربة"، النتيجة الفيزيائية هي انهيار البناء الطيني للأرض، وانضغاط المسامات، وتشكل قشرة سطحية صلبة وكتيمة، هذه القشرة تمنع تماما نفاذ مياه الري لعمق التربة وتسبب ركود الماء على السطح، مما يؤدي إلى اختناق الجذور وتعفنها نتيجة نقص الأكسجين[69].

- **الأنيونات (Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-)**

تمثل الأنيونات العناصر السالبة الشحنة في مياه الري، وتشمل الكلوريدات والكبريتات والبيكربونات.

1. الكلوريدات Cl^-

المجال الآمن: تكون المياه ممتازة عندما يقل تركيز الكلوريد عن 142 جزء في المليون (4 meq/L)، حيث يمتصه النبات بكميات ضئيلة كعنصر مغذ دون ضرر[70].

المجال الخطير: إذا ارتفع التركيز وتجاوز 355 جزء في المليون (10 meq/L)، تصبح المياه مسببة لـ"السمية الكيميائية المباشرة"، يمتص النبات الكلوريد الزائد وينقله عبر العصارة إلى الأوراق[71]، وحين يتبخر الماء يتراكم الكلوريد في الأطراف مسبباً جفافاً حاداً واحتراقاً لحواف الأوراق، مما يضعف عملية البناء الضوئي ويميت الأنسجة النباتية[72].

2. البيكربونات HCO_3^-

المجال الآمن :القيمة المثالية لضمان جودة المياه هي أن تكون البيكربونات أقل من 90 جزء في المليون (1.5 meq/L)[73].

المجال الخطير :عندما ترتفع البيكربونات لتتجاوز 520جزء في المليون (8.5 meq/L)، تؤدي إلى اضطراب كيميائي كبير، حيث تتفاعل مع الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين[74] في الماء وتحولهما إلى راسب صلب غير قابل للذوبان (كربونات الكالسيوم أو الجير) هذا الترسيب يتسبب في أمرين: (انسداد شبكات ونقاطات الري بالتكلسات، ورفع خطورة الصوديوم بشكل غير مباشر لأن غياب الكالسيوم يترك الصوديوم حراً لتدمير بنية التربة).[75]

3. الكبريتات SO_4^{-2}

تُعد الكبريتات الأنيون الأقل ضررا نسبيا في مياه الري، فهي تعمل كمصدر لعنصر الكبريت المغذي للنبات ومع ذلك، فإن ارتفاعها المفرط يسهم بشكل مباشر في زيادة الملوحة الكلية للمياه(TDS) ، مما يرفع من الضغط الأسموزي ويصعّب على النبات سحب المياه من التربة[76].

4.I. معايير جودة مياه الري

تعد معايير جودة مياه الري أداة أساسية لتقييم مدى صلاحية المياه للاستخدام الزراعي، حيث تم وضع معايير جودة مياه الري من خلال زاويتين متكاملتين:

- **التصنيف الأمريكي (USSL / FAO):**

تركز المدرسة الأمريكية بشكل أساسي على "مفهوم الإجهاد الأسموزي ونفاذية التربة" لذلك، وضعت معايير مرنة نسبياً في الملوحة الكلية (تسمح حتى(2000 ملغ/لتر) بشروط)، ولكنها صارمة جداً في مؤشر الصوديوم (SAR)[73]، حيث تعتبر أي مياه يتجاوز مؤشرها القيمة 9 مياهاً مخرّبة للبنية الفيزيائية للتربة الطينية، وتتطلب إضافة الجبس الزراعي فوراً لمعادلة الصوديوم وطرد السمية الكيميائية[77].

- **التصنيف الروسي (GOST):**

تتميز المعايير الروسية بكونها تأخذ في الحسبان الظروف الهيدرولوجية ونوع التربة السائدة في مناطق السهوب والمناطق الجافة، تضع هذه المعايير حداً فاصلاً عند 1000 ملغ/لتر للملوحة الكلية كحد

أقصى للمياه الممتازة، وتعتبر البيكربونات عنصراً حرجاً جداً في التصنيف الروسي[78]، لأن ارتفاعها يؤدي سرياً إلى قلوية التربة السطحية وتكلسها، وهو ما يفسر خفضهم للحد الخطير للبيكربونات إلى 400 ملغ/لتر مقارنة بـ 520 ملغ/لتر في التصنيف الأمريكي [79].

حيث يوضح الجدول التالي الحدود الرقمية والتركيزات الكيميائية الدقيقة لتصنيف جودة مياه الري بين المدرستين الأمريكية والروسيةكما يلي :

الجدول (6): مقارنة بين المعايير الأمريكية (USSL / FAO) والروسية (GOST) لتقييم جودة مياه الري وتأثيراتها.

المؤشر الكيميائي والفيزيائي	التصنيف حسب المعايير الأمريكية (USSL / FAO)	التصنيف حسب المعايير الروسية (GOST)	الأثر الكيميائي والفيزيائي عند تجاوز النطاق الآمن
الملوحة الكلية (TDS)	ممتازة: أقل من 450 ملغ/لترمتوسطة: 450 – 2000 ملغ/لتر خطرة: أكبر من 2000 ملغ/لتر	صالحة: أقل من 1000 ملغ/لتر مقبولة بشروط: 1000 – 3000 ملغ/لتر غير صالحة: أكبر من 3000 ملغ/لتر	الارتفاع يسبب جفافاً فسيولوجياً للنبات نتيجة زيادة الضغط الأسموزي في بيئة الجذور.
الموصلية الكهربائية (EC)	ممتازة: أقل من 0.7 ديسيسيمنز/متر متوسطة: 0.7 – 3.0 ديسيسيمنز/متر خطرة: أكبر من 3.0 ديسيسيمنز/متر	صالحة: أقل من 1.0 ديسيسيمنز/متر مقبولة: 1.0 – 2.5 ديسيسيمنز/متر خطرة: أكبر من 2.5 ديسيسيمنز/متر	مقياس مباشر لتركيز الأملاح الحرة؛ القيم العالية تعيق امتصاص الماء والمغنيات.
مؤشر الصوديوم (SAR)	آمنة جداً: أقل من 3 خفيفة الخطورة: 3 – 9 عالية الخطورة: أكبر من 9	ممتازة: أقل من 4 متوسطة الخطورة: 4 – 8	الصوديوم العالي يطرد الكالسيوم ويشتت حبيبات الطين، مما يدمر نفاذية التربة وبهويتها.

		خطرة جداً: أكبر من 8	
الرقم الهيدروجيني (pH)	النطاق الأمثل: 6.5 – 8.5	النطاق الأمثل: 6.5 – 8.2	الخروج عن النطاق يسبب ترسيب العناصر الصغرى (قلوية) أو سمية الألومنيوم وتآكل الشبكات (حامضية).
الكلوريدات ($-Cl$)	آمنة: أقل من 142 ملغ/لتر سمية شديدة: أكبر من 355 ملغ/لتر	آمنة: أقل من 180 ملغ/لتر خطرة: أكبر من 300 ملغ/لتر	تتراكم في أطراف الأوراق مع النتح مسببة احتراق الحواف وموت الأنسجة النباتية.
البيكربونات ($-HCO3$)	آمنة: أقل من 90 ملغ/لتر خطرة: أكبر من 520 ملغ/لتر	آمنة: أقل من 120 ملغ/لتر خطرة: أكبر من 400 ملغ/لتر	تتفاعل مع الكالسيوم والمغنيسيوم وترسبهما كجير، مما يرفع مؤشر SAR انسداد النقاطات.

I.5. تأثير نوعية مياه الري على التربة والنبات

تؤثر نوعية مياه الري بشكل مباشر على خصائص التربة وعلى النمو الطبيعي للنبات، حيث لا يقتصر دور الماء على تزويد النبات بحاجته المائية فقط، بل يمتد ليشمل نقل العناصر المعدنية والتأثير في التوازن الكيميائي داخل الوسط الزراعي[80]، وتزداد أهمية هذا العامل في المناطق الجافة، حيث يعتمد الإنتاج الزراعي كليا على مياه الري، مما يجعل نوعيتها عاملا حاسما في استدامة التربة والإنتاج، كذلك تؤثر مياه الري على التربة من خلال ما تحتويه من أملاح وعناصر ذائبة، حيث يؤدي استعمال مياه ذات ملوحة مرتفعة إلى تراكم الأملاح في الطبقات السطحية، مما يسبب تملح التربة[81]، ويؤدي هذا التراكم إلى تقليل قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بشكل متوازن، كما يضعف نفاذيتها وتهويتها، خاصة عند ارتفاع نسبة الصوديوم، الذي يسبب تشتت حبيبات التربة وفقدان بنيتها، كما تؤثر نوعية المياه على التوازن الكيميائي للتربة، حيث قد تؤدي بعض الأيونات مثل البيكربونات إلى تغيير درجة الحموضة، مما يؤثر على توفر العناصر الغذائية وفي بعض الحالات، يمكن أن تتسبب مياه الري غير الجيدة في تثبيت بعض العناصر الضرورية أو زيادة سميتها، وهو ما ينعكس سلبا على خصوبة التربة[82].

أما بالنسبة للنبات، فإن نوعية مياه الري تؤثر بشكل مباشر على عملية الامتصاص، حيث أن ارتفاع تركيز الأملاح يؤدي إلى صعوبة امتصاص الماء بسبب زيادة الضغط الأسموزي، مما يسبب إجهادا مائيا،

وتظهر هذه الحالة في شكل ذبول وضعف في النمو، رغم توفر الماء في التربة[69]، كما يمكن أن تؤدي بعض العناصر الموجودة في المياه إلى سمية مباشرة للنبات، مثل الكلوريد أو الصوديوم عند ارتفاع نسبتهما، مما يؤثر على الأوراق ويؤدي إلى احتراق أطرافها أو اصفرارها[83]، إضافة إلى ذلك، فإن اختلال التوازن الغذائي الناتج عن نوعية المياه قد يؤثر على العمليات الحيوية داخل النبات، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية وجودة المحصول. وبالتالي، فإن التحكم في نوعية مياه الري يعد ضروريا للحفاظ على خصائص التربة وضمان نمو نباتي سليم، حيث يجب تحليل المياه بانتظام واتخاذ الإجراءات المناسبة، مثل المعالجة أو تحسين طرق الري، لتفادي التأثيرات السلبية وضمان استدامة الإنتاج الزراعي[84].

1. تأثير الملوحة على التربة (Soil Salinization)

تتأثر التربة بالملوحة من خلال تراكم الأملاح الذائبة في منطقة الجذور، وتظهر التأثيرات في جانبين رئيسيين:

- **تدهور البنية الفيزيائية (السمية الصودية):** عند ارتفاع تركيز أيونات الصوديوم (Na^+) مقارنة بالكالسيوم والمغنيسيوم (وهو ما يُقاس بمعدل امتزاز الصوديوم SAR)، يحدث تشتت لحبيبات الطين (Clay Dispersion)، هذا التشتت يدمر التجمعات الحبيبية للتربة[85].
- **انخفاض النفاذية الهيدروليكية:** يؤدي تدمير البنية إلى سد المسامات الأرضية، مما يشكل قشرة سطحية صلبة تمنع تغلغل مياه الري والهواء، وينتج عن ذلك سوء تهوية وصعوبة في الصرف المائي[68].

2. تأثير الملوحة على النبات (Salinity Stress)

يؤثر ارتفاع الملوحة (المقاس عبر التوصيل الكهربائي EC) على النبات عبر آليتين متتاليتين:

- **الإجهاد الأسموزي (Osmotic Stress):** وهو التأثير الفوري للملوحة، زيادة تركيز الأملاح في محلول التربة ترفع من ضغطه الأسموزي، مما يجعل الجهد المائي للتربة أقل من الجهد المائي داخل خلايا الجذور بناء على ذلك، يواجه النبات صعوبة بالغة في امتصاص الماء رغم توفره في التربة، وهي ظاهرة تُعرف بـ "الجفاف الفسيولوجي"، وتؤدي مباشرة إلى تقزم النبات وبطء انقسام الخلايا[86].

- **الإجهاد الهيدروحراري والإنبات:** تؤثر الملوحة العالية سلباً على حيوية البذور، حيث تعيق امتصاص الماء اللازم لتنشيط الإنزيمات الخاصة بالإنبات (مثل إنزيم الأميليز)، مما يؤخر بزوغ البادرات أو يفشله تماما[87].

3. تأثير الأيونات السامة على النبات (Specific Ion Toxicity)

بخلاف التأثير الأسموزي العام للملوحة، هناك أيونات معينة يمتصها النبات مع تيار الماء وتتراكم في أنسجته (خاصة الأوراق القديمة) بتركيزات تتجاوز الحد الطبيعي، مسببة سمية كيميائية مباشرة أهم هذه الأيونات:

- **أيون الكلوريد (Cl^-)**

يمتص النبات الكلوريد بسهولة وينتقل مع تيار النتح ليتراكم في حواف الأوراق، فيتسبب في احتراق حواف الأوراق ونهاياتها (Marginal leaf scorch)، وتلوّن الأوراق باللون الأصفر ثم البني، وتساقطها المبكر، مما يقلل من المساحة الورقية الكلية الصالحة لعملية التركيب الضوئي[71].

- **أيون الصوديوم (Na^+)**

يتراكم الصوديوم في الأنسجة الخارجية وينافس الأيونات الموجبة الأساسية وخاصة البوتاسيوم (K^+)، فيسبب اختلالا في التوازن الأيوني للخلية، ويعطل عمل الإنزيمات السيتوبلازمية، تظهر الأعراض على شكل بقع نخرية ميتة (Necrosis) على الأوراق وتثبيط عام للنمو[88].

- **أيون البورون (B)**

رغم أنه عنصر غذائي صغير ضروري، إلا أن الهامش بين التركيز المطلوب والتركيز السام ضيق جدا في مياه الري والتربة، فينتقل البورون إلى الأوراق ويتراكم في قممها وحوافها، وتظهر السمية أولا على شكل اصفرار (Chlorosis) عند قمة الورقة، يتبعه موت موضعي للأنسجة يتحول إلى اللون الأسود أو البني الداكن[89].

II. المياه المعالجة

تعد معالجة مياه الري من العمليات الهندسية والتقنية الأساسية التي تهدف إلى تحسين الخصائص النوعية للمياه وجعلها صالحة ومعتمدة للاستخدام الزراعي،[90] وتكتسب هذه العمليات أهمية بالغة في الآونة الأخيرة نظراً للتناقص المستمر في موارد المياه العذبة، وتدهور جودة المياه الجوفية والمستصلحة، مما يستدعي تطبيق نظم معالجة متكاملة لضمان ري آمن ومستدام للتربة والمحاصيل[91].

1.II. أنواع معالجات المياه

تشير معالجة المياه فسيولوجياً وكيميائياً إلى سلسلة من المراحل والعمليات المصممة لإزالة أو خفض تركيز الملوثات والمكونات غير المرغوب فيها، وتتنوع هذه النظم لتشمل تحسين الخواص عبر ثلاثة محاور رئيسية:

1.1.II. المعالجة الفيزيائية لمياه الري

تركز المعالجة الفيزيائية على تحسين الخواص الطبيعية والميكانيكية للماء دون إحداث تغيير في تركيبته الجزيئية الكيميائية تشمل هذه العمليات الترسيب (Sedimentation)، والترشيح عبر مرشحات الرمل أو الكربون النشط (Filtration) لإزالة المواد العالقة، والأتربة، والشوائب الكبيرة التي تتسبب في الانسداد الميكانيكي لشبكات ونقاطات الري[92].

2.1.II. المعالجة الكيميائية لمياه الري

تهدف المعالجة الكيميائية إلى تعديل التوازن الأيوني، وضبط تركيز الأملاح والغازات الذائبة، وتحقيق استقرار في التفاعلات الكيميائية داخل المياه والتربة، تشمل هذه العمليات حقن الأحماض القوية الآمنة (مثل حمض الكبريتيك أو الفوسفوريك) لخفض الرقم الهيدروجيني (pH) وتفتيت أيونات البيكربونات العالية لمنع ترسب الكالسيوم والمغنيسيوم[93].

كما تتضمن إضافة كبريتات الكالسيوم (الجبس السائل) للمياه عالية الصوديوم لخفض مؤشر نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)، أو استخدام تقنيات التبادل الأيوني والتناضح العكسي (Reverse Osmosis) لخفض الملوحة الكلية (TDS)، عندما تتجاوز الحدود الحرجة تساهم هذه المعالجات الكيميائية، مباشرة في

وقاية التربة من التملح والتشتت الطيني، وتضمن إتاحة العناصر المغذية الكبرى والصغرى للامتصاص الجذري دون تثبيط أسموزي[94].

3.1.II. المعالجة البيولوجية لمياه الري

تطبق المعالجة البيولوجية بشكل خاص عند إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (Wastewater Reuse)، أو المياه السطحية المعرضة للتلوث العضوي في الري الزراعي، تعتمد هذه المعالجة على الكائنات الحية الدقيقة النشطة (مثل البكتيريا الهوائية واللاهوائية والأحواض النباتية المستزرعة)، لأكسدة وتفكيك المواد العضوي المعقدة المقاسة كيميائياً وحيوياً عبر مؤشري COD و BOD5 [83].

تستهدف العمليات البيولوجية إزالة المغذيات الزائدة الفائضة وخفض أعداد الميكروبات، والطفيليات، والملوثات الممرضة (مثل بكتيريا القولون البرازية)[95]، إلى الحدود المسموح بها عالميا يضمن هذا المحور البيولوجي تفادي حدوث تلوث في المحاصيل المأكولة، ويحمي النشاط الميكروبي النافع في التربة (مثل بكتيريا النترجة)، مما يمنع انبعاث الروائح الكريهة ويحقق دورة عناصر طبيعية آمنة في المنظومة البيئية الزراعية[96].

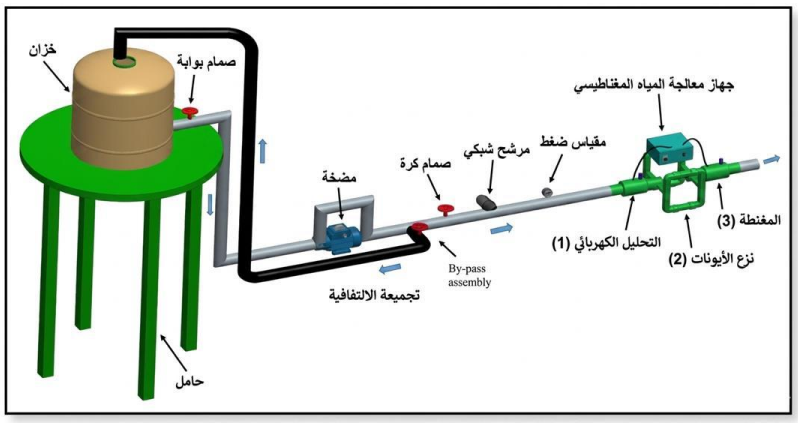
2.II. المغنطة

تعد المغنطة من التقنيات الفيزيائية الحديثة الصديقة للبيئة التي تعتمد على التأثير المباشر للمجال المغناطيسي على البنية الديناميكية للماء (كما هو موضح في الوثيقة جهاز المغنطة)، بهدف تحسين خصائصه الهيدروليكية والفيزوكيميائية وجعله أكثر كفاءة في الاستعمال الزراعي، وقد أصبح هذا المجال محل اهتمام متزايد في الأبحاث العلمية، خاصة في المناطق التي تعاني من مشاكل الإجهاد المائي وتدني نوعية مياه الري[97].

تعرف المغنطة علمياً بأنها عملية تمرير تدفق مائي بمعدل تدفق معين عبر مجال مغناطيسي منتظم ومكثف (يُقاس بالتسلا T أو الغاوس G)، يتم إنشاؤه بواسطة مغانط دائمة مثبتة على مسار الأنابيب، هذا التعرض لا يغير التركيب الكيميائي الكمي للماء (لا يضيف أو يزيل عناصر)، بل يعيد ترتيب البنية الجزيئية وحركية الأيونات الذائبة[98] (كما هو موضح فالوثيقة21).

الوثيقة(21): لجهاز مغنطة مياه الري (Magnetic Water Conditioner) المستخدم ميدانياً في المشاريع الزراعية والري[99]

ويعتمد مبدأ العمل الأساسي في وحدة المغنطة الموضحة في الوثيقة (22) على ظاهرة التأثير الهيدروديناميكي المغناطيسي (MHD)، والتي يمكن تفصيل آليتها من خلال جانبين متكاملين:

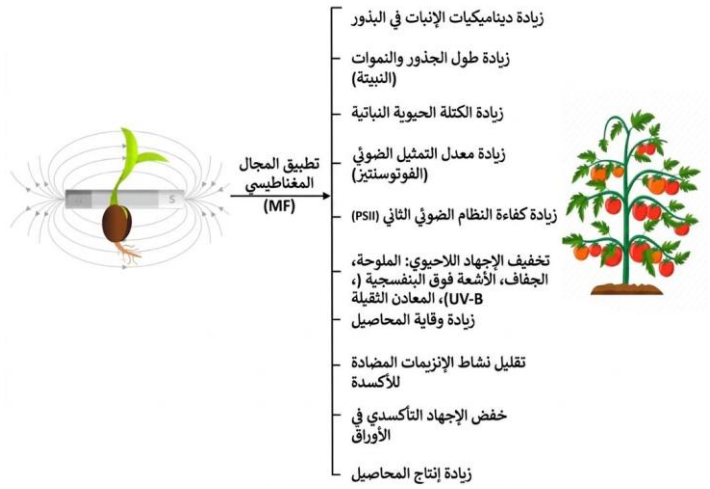


الوثيقة (22): الرسم التخطيطي الهندسي لوحدة المعالجة الفيزيوكيميائية التجريبية لمياه الري[100].

- **الآلية الفيزيائية:** يتكون الماء الطبيعي من تجمعات جزيئية ترتبط فيما بينها بروابط هيدروجينية وتُعرف بـ الكتل المائية (Water Clusters)، عند مرور هذه التجمعات عبر المجال المغناطيسي، تؤثر قوة لورنتز (Lorentz Force) على الجزيئات ثنائية القطب وعلى الأيونات المتحركة، مما يؤدي إلى تكسير أو إضعاف الروابط الهيدروجينية، هذا التحول يحول التجمعات الكبيرة وغير المنتظمة إلى تجمعات أصغر حجما وأكثر تناظرا وتشتتا[101].
- **الآلية الكيميائية (التنوي):** يؤثر المجال المغناطيسي بشكل مباشر على التوازن الأيوني لأملاح عسر الماء، لا سيما أيونات الكالسيوم والكربونات في المياه العادية، تميل هذه الأيونات إلى الترسّب على جدران الأنابيب والتربة في صورة بلورات الكالسيت (Calcite) الصلبة والمستقرة أما تحت تأثير المغنطة، فيتحول الترسيب نحو شكل الأراغونيت (Aragonite)، وهي بلورات معينية أقل التصاقاً وأكثر تشتتاً وسهولة في الجرف[102].

3.II. خصائص المياه الممغنطة

تكتسب المياه الممغنطة نتيجة التحول الهيكلي السابق في الروابط والأيونات مجموعة من الخصائص الفريدة (كما هو موضح فالوثيقة)، ويمكن تفصيل كل خاصية منها على حدة كالتالي:



الوثيقة (23): التأثيرات البيولوجية والفيزيولوجية والكيميائية الحيوية المختلفة للمجال المغناطيسي على النباتات[103]

II.1.3. الخصائص الكيميائية

- **انخفاض الشد السطحي:** يؤدي تفكيك الروابط الهيدروجينية الكبيرة إلى خفض معامل الشد السطحي للماء، مما يزيد من قدرته على البلل والانتشار، ويسمح له بالتغلغل السريع داخل المسامات الدقيقة للتربة[104].
- **زيادة اللزوجة الحركية والسيولة:** تصبح جزيئات الماء أكثر حرية وتشتتاً بعد تكسير تجمعاتها الكبيرة، مما يرفع من معدل سيولتها وحركيتها الحرارية، ويسهل حركة الماء واختراقه الطبقات الطينية أو الثقيلة في التربة وصولاً إلى عمق الجذور[101].
- **زيادة القدرة على الإذابة والتوصيل الكهربائي (EC):** تزداد حركة الأيونات الحرة في الماء الممغنط، مما يرفع كفاءته في إذابة الأملاح والمغذيات المتواجدة في التربة وتحويلها إلى محلول سهل الامتصاص، كما يساهم ذلك في منع تراكم الأملاح ضارة في منطقة الجذور عبر تسهيل عملية غسلها[105].
- **التغير الموضعي في الأس الهيدروجيني (pH):** تشير القياسات الفيزوكيميائية إلى حدوث تغير طفيف ومؤقت في قيمة pH الماء نحو القلوية الخفيفة، ويعود ذلك إلى تأثير المجال المغناطيسي على اتزان الغازات الذائبة في الماء وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون[106].

II.1.3. الخصائص البيولوجية والفيزيولوجية

- **تحسين نفاذية الأغشية الخلوية:** إن الحجم الصغير لتجمعات جزيئات الماء الممغنط يتوافق بشكل أفضل مع القنوات المائية المتواجدة في الغشاء الخلوي للنبات والمعروفة بـ الأكوابورينات (Aquaporins)، مما يسرع التدفق الأسموزي للماء والمغذيات الذائبة إلى داخل الخلايا[107].
- **تنشيط الإنزيمات والتمثيل الضوئي:** يساهم ري النبات بالماء الممغنط في تحفيز الإنزيمات الحيوية المسؤولة عن النمو (مثل إنزيمات الأكسدة والاختزال)، كما يرفع من محتوى الكلوروفيل في الأوراق، مما يزيد من كفاءة عملية التمثيل الضوئي وينعكس إيجاباً على مؤشرات النمو المورفولوجي والوزن الجاف [103].
- **تحفيز وتسريع إنبات البذور:** نتيجة للخصائص الهيدروليكية المتقدمة وسهولة اختراق الماء الممغنط لأغلفة البذور السميكة، فإنه يعمل على تنشيط عمليات الأيض الأولية داخل الجنين، مما يشجع على رفع نسبة الإنبات وتقليص الزمن اللازم لظهور البادرات [108].

مقارنة المياه قبل وبعد المغنطة: توضح المقارنة التالية الفروق الجوهرية في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه بين حالتها الطبيعية المعتادة وحالتها بعد التعرض للمعالجة المغناطيسية.

جدول (7): يوضح المياه قبل وبعد المغنطة.

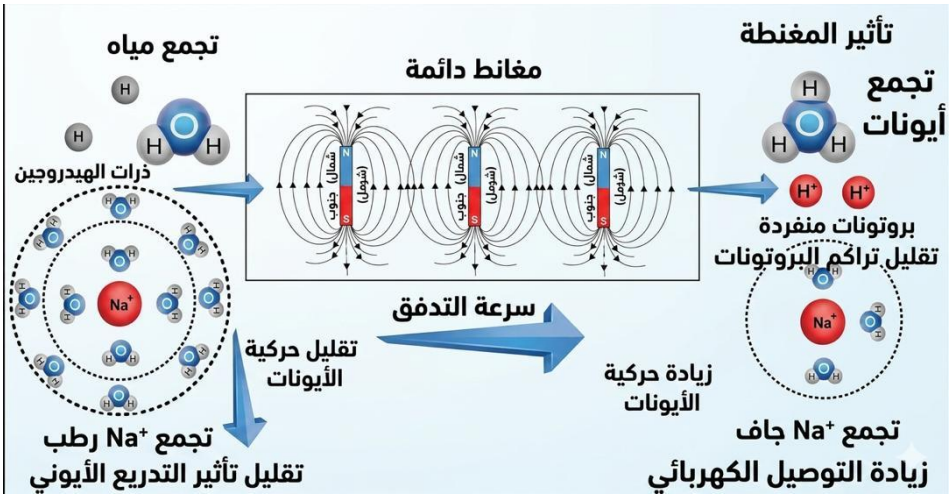
الخاصية	قبل المغنطة	بعد المغنطة
التركيب العنقودي لجزيئات الماء [109]	تكون جزيئات الماء متكتلة في عناقيد كبيرة وثقيلة يصعب امتصاصها.	تفكك العناقيد الكبيرة إلى مجموعات أصغر (Micro-clusters)، مما يزيد من سيولة وحركة جزيئات الماء.
الشد السطحي (Surface Tension)[110]	يكون الشد السطحي مرتفعاً، مما يقلل من قدرة الماء على التغلغل والترطيب.	ينخفض الشد السطحي بشكل ملحوظ، مما يزيد من قدرة الماء على الترطيب والذوبان واختراق الخلايا.
درجة الحموضة (pH)[111]	تكون مستقرة أو مائلة قليلاً للوسط الحمضي أو المتعادل حسب المصدر.	ترتفع قيمة الـ pH بشكل طفيف ليصبح الماء أكثر قلوية، وهو وسط ممتاز للعمليات الحيوية.
التوصيل الكهربائي (EC)[112]	يكون ضمن مستوياته الطبيعية المعتادة حسب ملوحة المصدر.	يرتفع التوصيل الكهربائي نتيجة زيادة حركة الأيونات الحرة وتفكك الأملاح الذائبة.

القدرة على الترسيب والكلس (Scale Formation)[113]	تترسب كربونات الكالسيوم على شكل بلورات "الكالسيت" الصلبة التي تسبب انسداد الأنابيب.	تتحول بلورات كربونات الكالسيوم إلى شكل "الأراغونيت" الناعم غير الملتصق، مما يمنع التكلس ويزيل الترسبات القديمة.
الأكسجين المذاب (Dissolved Oxygen)[114]	مستويات الأكسجين المذاب تكون طبيعية أو منخفضة في المياه الراكدة.	تزداد نسبة الأكسجين المذاب في الماء، مما يعزز النشاط الحيوي للنباتات والكائنات الدقيقة النافعة.
النمو الإنتاجي (في الزراعة والحيوان)[115]	امتصاص عادي للمياه والعناصر الغذائية، ونمو بمعدلات طبيعية.	تحسن كبير في نمو النباتات، زيادة المحصول، وتوفير في استهلاك مياه الري نتيجة سهولة امتصاص الخلايا للماء الممغنط.

II.4. تأثير المغنطة على جزيئات الماء:

تؤثر المعالجة المغناطيسية لمياه الري بشكل مباشر على البنية الفيزيائية لجزيئات الماء وديناميكيتها دون إحداث تغيير في تركيبها الكيميائي الأساسي. في الحالة الطبيعية، تميل جزيئات الماء (H_2O) نتيجة لقطبيتها العالية إلى الترابط فيما بينها عبر روابط هيدروجينية، مشكلةً تجمعات أو عناقيد جزيئية كبرى (Water Clusters) تتراوح أحجامها وعقودها البنائية تبعاً لظروف المحيط[108]، عند مرور هذه المياه عبر مجال مغناطيسي عمودي وقوي، تعمل قوة لورنتز (Lorentz force) على خلخلة هذه الروابط الهيدروجينية وإضعافها، مما يؤدي إلى تفكيك تلك العناقيد الضخمة إلى مجموعات جزيئية أصغر حجماً وأكثر حيوية وتناسقا[102] (كما هو موضح فالوثيقة ادناه) .

هذا التحول البنيوي يعيد توجيه العزم ثنائي القطب للجزيئات المستقطبة، وينتج عنه انخفاض ملحوظ في التوتر السطحي (Surface Tension) واللزوجة الكيناتيكية للماء، مما يمنحه قدرة تغلغل ونفاذية أعلى بمرور السائل داخل خلايا جذور النبات وفي المسامات الدقيقة للتربة علاوة على ذلك، يؤدي صغر حجم التجمعات الجزيئية إلى زيادة المساحات البينية المتاحة، مما يرفع من ذوبانية الغازات كالأكسجين، ويحفز ذوبان العناصر المغذية والأسمدة[116]، وفيما يتعلق بالأملاح الذائبة مثل الكالسيوم والكربونات، فإن المجال المغناطيسي يتدخل في كينيتيكا التبلور، حيث يثبط تشكل بلورات "الكالسيت" (Calcite) الخشنة والإبرية التي تسبب الانسدادات والترسبات، ويحفز بدلا منها نمو بلورات "الأراغونيت" (Aragonite) الناعمة ذات الشكل المستدير والتي تتدفق بسلاسة مع تيار الماء دون الالتصاق بشبكات الري أو حبيبات التربة، مما يساهم بفعالية في غسل الأملاح ومنع تراكمها السطحي[117].



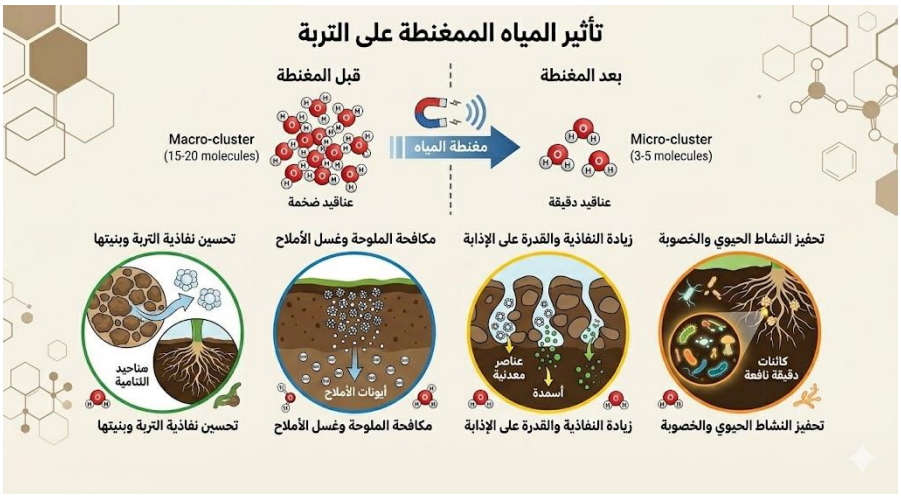
الوثيقة (24): توضح شكل عناقيد جزيئات الماء وتفككها من تجمعات ضخمة قبل المغنطة إلى عناقيد دقيقة وسلسة بعد المغنطة[118]

II.5. تأثير المياه الممغنطة على التربة

تؤثر المياه الممغنطة بشكل إيجابي وملحوظ على الخصائص الفيزيائية، الكيميائية، والحيوية للتربة، مما يساهم في تحسين البيئة الأساسية لنمو النباتات (كما هو موضح فالوثيقة) عبر الآليات التالية:

- **تحسين نفاذية التربة وبنيتها:** تساهم المياه الممغنطة في تفكك التكتلات الترابية، لا سيما في الترب الطينية، مما يسهل حركة الماء والهواء داخل المسام ويحسّن من تهوية الجذور، كما تعزز المعالجة المغناطيسية من حركة السائل داخل المسام، وهو ما يحد من تدهور البنية الترابية[120].
- **مكافحة الملوحة وغسل الأملاح:** يلعب الماء الممغنط دوراً حيوياً في خفض التوصيل الكهربائي للتربة وتقليل تراكم أيونات الصوديوم الضارة، حيث يرفع من كفاءة غسل الأملاح الذائبة ونقلها نحو الطبقات العميقة بعيداً عن منطقة الجذور، ويُعد هذا عاملاً استراتيجياً عند الري بمياه ذات ملوحة مرتفعة، وقد أثبتت التجارب المخبرية تفوق الماء الممغنط في إزالة الأملاح مقارنة بالماء العادي، خاصة في الترب المتأثرة بالملوحة [121].
- **زيادة النفاذية والقدرة على الإذابة:** نتيجة لإعادة تنظيم جزيئات الماء في تجمعات أصغر وانخفاض توترها السطحي ولزوجتها، تزداد قدرة الماء على التغلغل داخل التربة، وترتفع كفاءته في إذابة الأملاح والعناصر المعدنية لتسهيل امتصاصها[116].

- **تحفيز النشاط الحيوي والخصوبة:** تؤثر المياه الممغنطة إيجابياً على النشاط البيولوجي في الوسط الترابي، حيث تحسن من نشاط الكائنات الحية الدقيقة النافعة، مما يساهم مباشرة في زيادة خصوبة التربة وتحسين توفر العناصر الغذائية[56].



الوثيقة (25): توضح دور المياه الممغنطة في تفكيك التكتلات الترابية، غسل الأملاح، زيادة ذوبانية العناصر، وتحفيز النشاط الميكروبي.

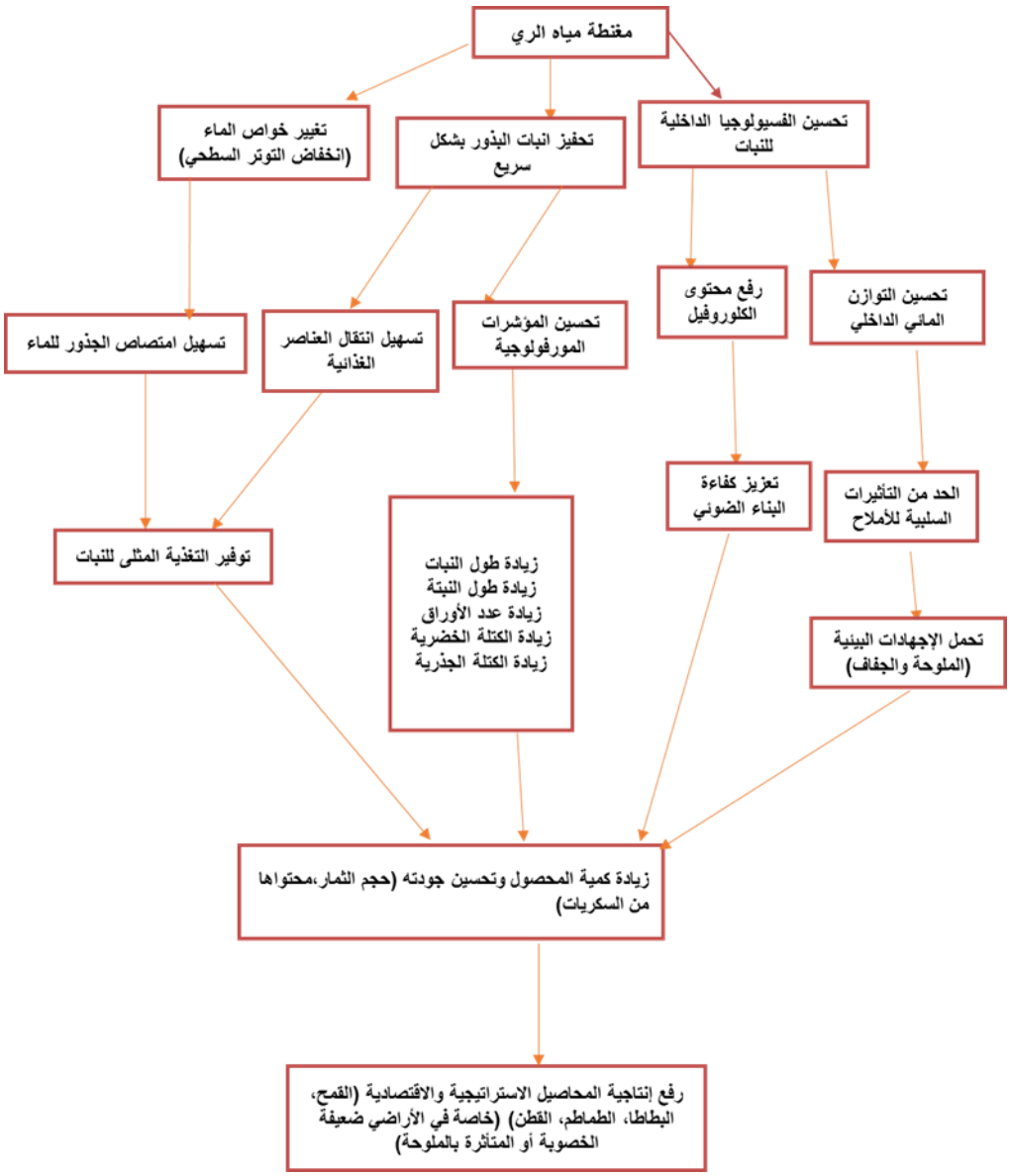
II.6. تأثير المياه الممغنطة على النمو النباتي والإنتاجية

يمتد تأثير المعالجة المغناطيسية لمياه الري بشكل مباشر ليحقق تحسناً ملموساً في أداء النباتات ومعدلات إنتاجيتها، وذلك عبر تحفيز الآليات الفسيولوجية والبيوفيزيائية التالية:

- **تحسين امتصاص الماء والتغذية المعدنية:** يؤدي انخفاض التوتر السطحي للماء بعد المغنطة وزيادة حركته ونفاذيته داخل التربة إلى تسهيل امتصاصه بواسطة الجذور، مما يرفع من كفاءة انتقال العناصر الغذائية الضرورية وتوفير التغذية المثلى للنبات[115].
- **تحفيز الإنبات والنمو الخضري والجذري:** تساهم المياه الممغنطة في تحسين معدلات إنبات البذور بشكل أسرع، وتنعكس إيجابياً على المؤشرات المورفولوجية للنبات، حيث تم تسجيل زيادة واضحة في طول النبات، عدد الأوراق، والكتلة الخضرية والجذرية[122].
- **رفع كفاءة التمثيل الضوئي والعمليات الحيوية:** يؤثر الري بالماء الممغنط على فسيولوجيا النبات الداخلية، حيث يساهم في رفع محتوى الكلوروفيل في الأوراق وتعزيز كفاءة عملية البناء الضوئي

(Photosynthesis)، مما ينعكس طردياً على زيادة كمية المحصول وتحسين جودته (مثل حجم الثمار ومحتواها من السكريات)[123].

- **تعزيز مقاومة الإجهادات البيئية (الملوحة والجفاف):** تساعد المعالجة المغناطيسية النبات على تحمل الظروف الصعبة كالجفاف وملوحة التربة أو مياه الري، وذلك من خلال تحسين التوازن المائي الداخلي للنبات والحد من التأثيرات السلبية للأملاح على الجذور [124].
- **زيادة إنتاجية المحاصيل الاستراتيجية:** أثبتت التجارب الحقلية كفاءة هذا النظام في رفع إنتاجية محاصيل اقتصادية وهامة مثل القمح، البطاطا، الطماطم، والقطن، خاصة في الأراضي التي تعاني من ضعف الخصوبة أو مشاكل التملح[125].



الوثيقة (26): يوضح تأثير المياه الممغنطة على النمو النباتي والإنتاجية الزراعية.

II.7. أهمية المياه الممغنطة

تكتسي تقنية معالجة مياه الري مغناطيسياً أهمية بالغة ومتزايدة في القطاع الزراعي الحديث، لا سيما كآلية مبتكرة لمواجهة التحديات البيئية الراهنة كشح الموارد المائية وتدني جودتها، وتتجلى هذه الأهمية في النقاط الأساسية التالية:

- **دعم استدامة النظم الزراعية:** تبرز هذه التقنية كبديل بيئي آمن يهدف إلى رفع كفاءة استخدام مياه الري دون الحاجة لاستخدام مضافات كيميائية، مما يجعلها متوافقة تماماً مع معايير الزراعة المستدامة[126].
- **تحسين الخصائص الهيدروليكية وحركة المياه:** تمتلك المياه الممغنطة القدرة على تعديل الخواص الفيزيائية للسائل، حيث تساهم في زيادة سيولة الماء وتحسين حركته الديناميكية ونفاذيته داخل مسامات التربة، مما يضمن وصوله بشكل أفضل وأعمق إلى المجموع الجذري[127].
- **تعزيز الكفاءة التغذوية للنبات:** يؤدي تحسن حركة المياه المعالجة في التربة إلى تسهيل عملية امتصاص الماء وإذابة العناصر السمادية والمعدنية بواسطة الجذور، وهو ما ينعكس إيجاباً على المؤشرات العامة لنمو النبات وتطوره[108].
- **التخفيف من أضرار ملوحة التربة والمياه:** تلعب المياه الممغنطة دورا حيويا في الحد من إشكاليات التملح، إذ تعمل على تقليل ترسب الأملاح في الطبقة السطحية للتربة، وتحسين غسلها وتوزيعها في الأعماق، مما يقلل من إجهاد الملوحة على الجذور ويسمح باستغلال مصادر المياه ذات الملوحة المرتفعة[128].
- **رفع المؤشرات الإنتاجية والنوعية للمحاصيل:** تساهم المعالجة المغناطيسية في تحسين جودة المحاصيل الزراعية وحجم الثمار ومحتواها الغذائي، بالإضافة إلى تقوية مناعة النبات الداخلية لمقاومة الظروف البيئية القاسية كالجفاف والملوحة[56].
- **الجدوى الاقتصادية والملائمة للبيئات الجافة:** تتميز هذه التقنية ببساطة تطبيقها ميدانياً، وانخفاض تكاليفها التشغيلية، وخلوها من أي آثار جانبية على النظام البيئي، مما يجعلها خياراً واعداً لتطوير أنظمة الري الحديثة وبالأخص في بيئات الزراعة الصحراوية[129]

8.II. دراسات سابقة حول المياه الممغنطة

حظيت تقنية معالجة المياه بالمغنطة باهتمام متزايد في العديد من الدراسات العلمية، خاصة في المجال الزراعي، حيث تم التركيز على تقييم تأثيرها على التربة والنبات والإنتاجية. وقد اختلفت نتائج هذه الدراسات حسب ظروف التجربة ونوعية المياه والمحاصيل المدروسة، إلا أنها قدمت مؤشرات مهمة حول فعالية هذه التقنية. (Gilani et al, 2017) أظهرت بعض الدراسات أن استعمال المياه الممغنطة يساهم في تحسين خصائص التربة، حيث يؤدي إلى زيادة نفاذية الماء وتقليل تراكم الأملاح، خاصة في الترب التي تعاني من الملوحة. كما تم تسجيل تحسن في توزيع الماء داخل التربة، مما يساعد على وصوله بشكل أفضل إلى الجذور (Malakar, 2019 .)

وفيما يتعلق بالنبات، بينت عدة أبحاث أن الري بالمياه الممغنطة قد يؤدي إلى زيادة في معدل النمو، مثل ارتفاع النبات وزيادة عدد الأوراق، إضافة إلى تحسين امتصاص العناصر الغذائية. كما سجلت بعض الدراسات تحسنا في الإنتاجية، سواء من حيث كمية المحصول أو جودة الثمار. كما أشارت دراسات أخرى إلى أن المياه الممغنطة يمكن أن تساعد النباتات على تحمل بعض الظروف البيئية الصعبة، مثل الإجهاد الناتج عن الملوحة أو نقص الماء، وذلك من خلال تحسين التوازن المائي داخل النبات . ((Abdelghany et al, 2022

ومع ذلك، فإن بعض الأبحاث لم تسجل فروقا كبيرة بين المياه العادية والممغنطة، مما يدل على أن تأثير هذه التقنية يعتمد على عدة عوامل، مثل نوع المحصول، خصائص التربة، وشدة المجال المغناطيسي. لذلك، لا تزال هذه التقنية بحاجة إلى المزيد من الدراسات لتأكيد فعاليتها بشكل دقيق-Al) . (Ogaidi et al, 2017

الجزء التطبيقي

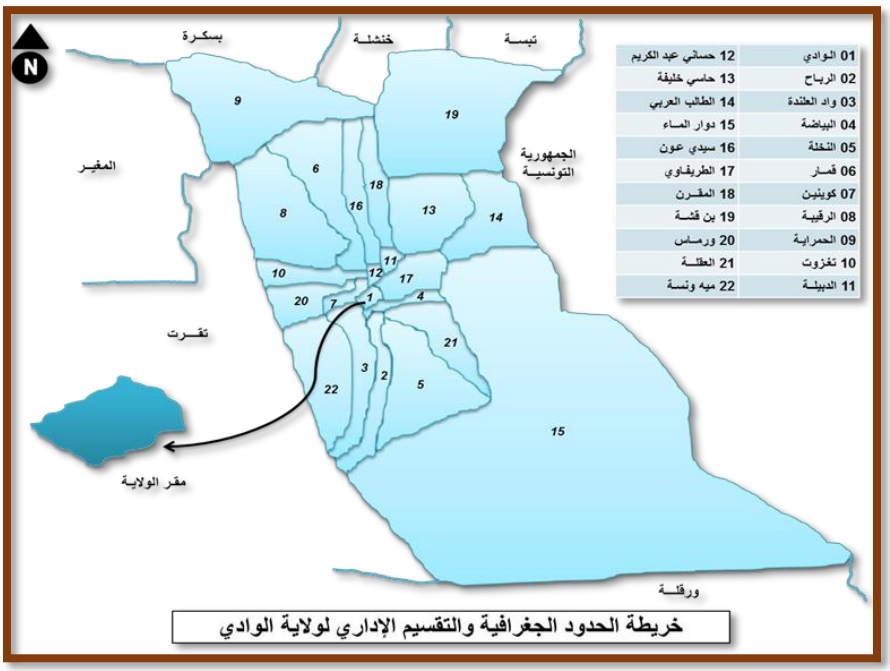
الفصل الأول: الوسائل والطرق

I. تقديم منطقة الدراسة:

1.I الموقع الجغرافي لمنطقة وادي سوف:

تغطي ولاية الوادي مساحة تقدر ب 35,752كم²، وعدد سكانها يبلغون نحو 802,000 نسمة بنهاية 2025. تحدها شمالاً ولايتا خنشلة وبسكرة، ومن شمال شرقاً تبسة، شمال غرباً المغير، غرباً تقرت، جنوب غرباً ورقلة، وشرقاً الجمهورية التونسية (كما هو موضح في الوثيقة 27) بشريط حدودي يمتد طوله ل 260 كم. تقع مركز الولاية (مقرها) عند خط عرض 33.37° شمالاً وخط طول 6.87° شرقاً تقريباً[138].

تتصف المنطقة بانتشار كثبان رملية تغطي نحو ثلاثة أرباع مساحتها، وتتخلّلها منخفضات وأودية، وتُعتبر وادي سوف أقل نقطة في العرق الشرقي الكبير [139]



الوثيقة (27): توضح الخريطة الموقع الجغرافي والتقسيم الإداري لمنطقة وادي سوف

2.I. الخصائص الطبيعية لمنطقة وادي سوف:

1.2.I. التضاريس:

تتميز منطقة وادي سوف بطابعها الصحراوي، حيث تسود الكثبان الرملية الواسعة التابعة للعرق الشرقي الكبير، والتي تشكل السمة الجغرافية البارزة للمنطقة. كما تضم المنطقة عدداً من المنخفضات والواحات التي تمثل العنصر الأساسي لاستقرار السكان وممارسة الأنشطة الزراعية. وتتمثل أهم المظاهر التضاريسية فيما يلي:

- **الكثبان الرملية**:

تغطي الكثبان الرملية مساحات شاسعة من المنطقة، وتخضع لتأثير الرياح الصحراوية القوية، الأمر الذي يؤدي إلى زحف الرمال ويؤثر على الاستقرار العمراني والنشاط الزراعي[140].

- **الواحات والمنخفضات**:

تنتشر الواحات في المنطقة نتيجة توفر المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، مما ساهم في تطور النشاط الزراعي واستمرار الحياة البشرية رغم الظروف المناخية القاسية[141].

الشطوط المالحة:

توجد بالقرب من المنطقة عدة شطوط مالحة، من أبرزها شط ملغيغ، الذي يُعد من أكبر الشطوط المالحة في الجزائر، حيث يلعب دوراً مهماً في التوازن البيئي والمناخي للمنطقة[142].

I.2.2. المناخ:

يسود المناخ الصحراوي منطقة وادي سوف، والذي من خصائصه الحرارةالشديدة صيفا، حيث تصل درجة الحرارة في النهار إلى 50 درجة، والبرودة القارسة شتاء لتصل إلى درجة 0 في بعض الليالي، وقلة أمطاره التي نادرا ما تهطل [143] وهذا ما يسبب ضاهرة الرياح الحارة كرياح الشهيلي، والتي تعمل على نقل الرمال وتشكيل الكثبان الرملية .

I.2.3. خصائص التربة:

تتميز تربة منطقة وادي سوف بنسيج حبيبي رملي خشن، يمنحها سلوكاً هيدروليكياً قائما على بنفاذية عالية جداً، و سرعة تغلغل المياه ، و فقدانها نحو الآفاق السفلى[144].كما أن التربة تنقسم بنيوياً في المنطقة إلى ثلاثة أنماط رئيسية من التربة تؤثر على التنمية والديناميكية الفلاحية الإقليمية،[145] وهي كتالي:

- **التربة الرملية (تربة العرق)**: هي تربة مفككة وخشنة النسيج، نفاذيتها للمياه مطلقة وسريعة جداً، كما تفتقر تماماً للمادة العضوية و ضعف شديد في القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة.[144]
- **التربة الجبسية الكلسية**: هي تربة مختلطة تنتشر في السهول والمنخفضات البينية (الفيج)، و تضم مزيج من الجبس وكربونات الكالسيوم، و تعتبر كذالك من نطاقات التوسع الفلاحي بالمنطقة.[145]
- **التربة الجبسية** :هي تربة غنية بكبريتات الكالسيوم، تتشكل فيها قشور صلبة وكتيمة تحت السطح تُعرف محلياً بـ "التوفة"، وهذا ما يعيق الامتداد العمودي للجذور وحركة المياه.[145]

I.2. 4.خصائص المياه :

تُعد منطقة وادي سوف من المناطق الصحراوية التي تعاني من ندرة المياه السطحية بسبب طبيعتها الجغرافية الجافة وشبه الجافة. ورغم هذه الظروف، تمكن سكان المنطقة منذ القدم من التكيف مع البيئة الصحراوية عبر تطوير أساليب خاصة لاستغلال المياه الجوفية، مما يعكس قدرتهم على الابتكار والاعتماد على الذات .وتعتمد المنطقة بشكل شبه كلي على المياه الجوفية لغياب الأنهار والوديان الدائمة، حيث تستخرج هذه المياه من طبقات عميقة تُعرف بالمياه الأحفورية غير المتجددة، التابعة للحوض المائي الصحراوي الكبير، خاصة الطبقة الألبية. ولهذا تم حفر العديد من الآبار العميقة لتوفير المياه المخصصة للشرب .[146]

II. المواد والطرق:

II.1. المادة النباتية:

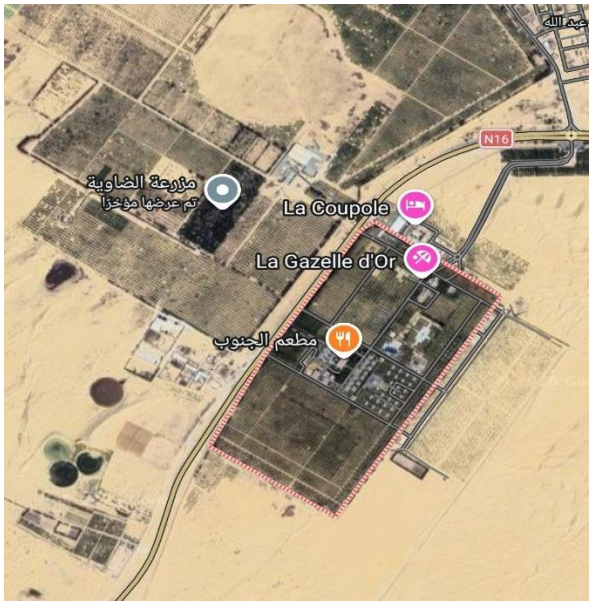
أجريت التجربة على نوع من التمور صنف دقلة نور (الوثيقة 28)، والتي تنتمي إلى العائلة النخيلية *Phoenix dactylifera* L [147]، لاعتبارها من أجود التمور، وذات النوعية الرفيعة والمطلوبة في الجزائر، ولاحتوائها على قيمة غذائية عالية تساهم في تعزيز الصحة ودعم وظائف الجسم.[148]

الوثيقة (28): توضح تمور من صنف دقلة نور

II.1.1. منطقة الدراسة:

تم اعتماد مزرعة الضاوية كموقع للدراسة والمتابعة، وذلك بناءً على توصيات الهيئات المختصة على مستوى الولاية، لا سيما مديرية المصالح الفلاحية والغرفة الفلاحية، باعتبارها من أهم المزارع الرائدة في المنطقة في

مجال زراعة النخيل وإنتاج التمور. حيث تقع هذه المزرعة على مسافة 5.29 كلم جنوب مركز مدينة الوادي (الوثيقة 29)، وقد أنشئت سنة 1988، وتبلغ مساحتها الإجمالية 610 هكتار[149]، وهي منطقة تتميز بظروف مناخية صحراوية ملائمة للدراسات الزراعية التطبيقية



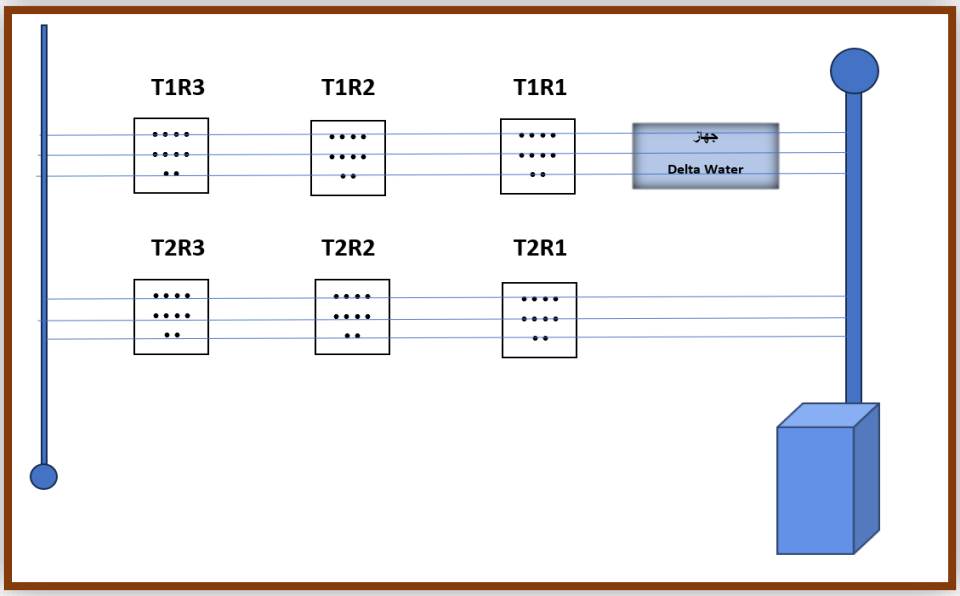
الوثيقة (29): الموقع الجغرافي لمزرعة الضاوية بولاية الوادي

2.II. تصميم التجربة:

- تم تنفيذ هذه التجربة في مزرعة الضاوية بولاية الوادي، حيث اعتمدت الدراسة على تقييم تأثير نوع مياه الري على النمو والتطور النباتي، وذلك من خلال مقارنة بين مياه الري العادية ومياه الري الممغنط، بهدف تحديد أثر تقنية المعالجة المغناطيسية للمياه على تحسين الخصائص الزراعية والإنتاجية للنبات التمر.
- اعتمدت التجربة تصميماً تجريبياً مقارناً شمل معاملتين رئيسيتين:
  - **المعاملة الأولى (T1):** ري أشجار النخيل باستخدام مياه معالجة مغناطيسياً عبر جهاز Delta Water(الوثيقة 30) بشدة مجال مغناطيسي قدرها 1200 جاوس
  - **المعاملة الثانية (T2):** ري أشجار النخيل باستخدام مياه الري العادية (غير الممغنطة).
- حيث كانت المياه المستعملة لكلا المعاملتين من نفس المنبع .
- تم استخدام نظام الري بالتقطير لضمان وصول المياه بدقة، مع الحفاظ على المسافات الزراعية (8 إلى 10 أمتار بين الشجرة والأخرى) لضمان النمو السليم. وكما هو موضح في مخطط التجربة

(الوثيقة31)، تم اعتماد ثلاثة تكرارات لكل معاملة (R1, R2, R3) لضمان الدقة الإحصائية وعزل أثر المعاملة عن العوامل الخارجية .

- **جمع العينات:** لضمان الدقة والحد من التحيز التجريبي، تم اختيار 10 نخلات من كل معاملة بشكل عشوائي لجمع العينات منها. تم جمع الأجزاء النباتية المدروسة من هذه النخلات ودمجها للحصول على عينات ممثلة تعبر بدقة عن الحالة العامة لكل معاملة. نُقلت العينات لاحقاً إلى المختبر لتخضع لعملية تجفيف في درجة حرارة معتادة وتهوية ثابتة لإيقاف النشاط الحيوي، ثم طُحنت للحصول على مسحوق نباتي متجانس، حُفظ في أوعية محكمة الإغلاق تمهيداً لإجراء التحاليل الكيميائية والفيتوكيميائية.



الوثيقة (31): مخطط تصميم التجربة

الوثيقة (30): جهاز المغنطة Delta Water

II.3. المتغيرات المدروسة:

II.3.1.1. تحاليل التربة المخبرية:

طريقة أخذ العينات:

تم إجراء تحاليل مخبرية على عينات من التربة بهدف دراسة تأثير مياه الري الممغنطة على الخصائص الكيميائية للتربة، حيث تم أخذ 6 عينات (ممغنطة وغير ممغنطة) بعمق 30 سم. وقد ركزت هذه التحاليل على تقدير الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة (pH)، إضافة إلى تحديد محتوى التربة من العناصر المعدنية والمواد العضوية، وذلك من أجل تقييم التغيرات المحتملة التي قد تحدث في خصائص التربة نتيجة استخدام هذا النوع من مياه الري.

II.3.1.1. التحاليل الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل:

تم التحليل لتربة على مستوى مخبر الجامعة (درجة الحموضة والناقيلية) وعلى مستوى شركة الجزائرية للمياه (العناصر المعدنية)، حيث تم تحضير محلول التربة المائي بنسبة وفق الخطوات التالية:

- وزن 10g من التربة المجففة هوائيا، ووُضِعت في كِأس بيشر.
- أُضيف إليها 100mL من الماء المقطر.
- نُقِل المزيج إلى جهاز الرج المغناطيسي وخضع لعملية رج مستمرة لمدة 4 ساعات بواسطة جهاز الرج المغناطيسي لضمان الذوبان والتجانس، ثم تُرِك لليوم الموالي.
- تم ترشيح معلق التربة للحصول على محلول التربة، واستُخدِم مباشرة لقياس درجة الحموضة (pH) والناقلية الكهربائية (EC). بواسطة جهاز (pH-mètre)و (Conductivity meter) على توالي .
- أُعيد ترشيح المحلول مرة ثانية لضمان خلوه التام من الشوائب الدقيقة، وذلك لتقدير وقياس تركيز العناصر المعدنية.

II.3.1.1.1.قياس الناقيلية الكهربائية للتربة (EC):

من المهم قياس الناقلية الكهربائية (EC) للتربة لأنها معامل فيزيائي يقيس قدرة المادة على توصيل التيار الكهربائي عند درجة حرارة محددة، ويعكس مجموع توصيلية الأيونات المختلفة الموجودة وحركتها في المحلول، حيث تتناسب قيمتها مع كمية الأملاح الذائبة في المستخلص المشبع (ECe) أو مياه الري(ECw) ، ويُستخدم في الهندسة الزراعية لتحديد تأثير هذه الأملاح على إنبات البذور ونمو النباتات وامتصاص الماء،

مع الإشارة إلى جدول (8)الحدود الذي يصنف طبقات الملوحة (قليلة، متوسطة، مرتفعة، عالية)، وقياسه بوحدة ديسي سيمنز/متر (ds/m = mmho/cm) ، ويتأثر بعوامل مثل محتوى الرطوبة والملوحة والقدرة على تبادل الكاتيونات والملمس الناعم والمسامية[150].

الجدول (8): تصنيف ملوحة التربة وفقا لقيم الناقلية الكهربائية (dS/m)

ملوحة التربة (dS/m)	صنف التربة
4_0	قليلة الملوحة
8_4	متوسطة الملوحة
15_8	عالية الملوحة
أكثر من 15	عالية الملوحة جدا

.FAO & UNESCO. (1973). Irrigation, drainage and salinity. London: Hutchinson AELCO

حيث تم قياس الناقيلية الكهربائية لتربة مخبريا بواسطة جهاز **(Conductivity meter**

) الوثيقة (33)

II.3.1.1.2. قياس درجة حموضة التربة (ph):

تُعد درجة حموضة التربة (pH) من العوامل الرئيسة في تقييم خصائص التربة، إذ تحدد درجة حمضيتها أو قلويتها، وتؤثر في توفر العناصر الغذائية للنبات، وفي النشاط الميكروبي، مما ينعكس على خصوبة التربة وكفاءتها الإنتاجية[151].

. والجدول التالي يوضح تصنيف التربة حسب درجة الحموضة:

الجدول (9): تصنيف التربة وفقا لدرجات الرقم الهيدروجيني

صفة التربة	حدود درجة التفاعل
شديدة الحموضة	أقل من 4.5
حامضي قوي جدا	5_4.5
حامضي قوي	5.5_5.1
متوسط الحموضة	6_5.5

خفيف الحموضة	6.5_6
معتدلة	7.3_6.5
خفيفة القاعدية	8_7.3
متوسط القاعدية	9_8
قوي القاعدية	10_9
قاعدي قوي جدا	أكتر من 10

Soil Survey Staff. (1993). Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service, Agricultural Handbook No. 18

حيث يتم قياس درجة الحموضة بواسطة جهاز (pH-mètre) (32) الوثيقة

II.3.1.1.3. تقدير العناصر المعدنية:

العناصر المعدنية هي مواد غير عضوية في التربة ناتجة عن تفتت الصخور بفعل العوامل الطبيعية مثل التعرية، والتحلل وتشكل معظم كتلتها حوالي (45% — 49%) وتعد المصدر الاساسي للعناصر الغذائية لنمو النبات ومن بين هذه العناصر المعدنية المغذية لنبات،هناك (من 16 الى 17) عنصراً ضرورياً وأساسياً لا يمكن للنبات إتمام دورة حياته بدونها. وفي إطار هذه الدراسة التطبيقية، ركزنا على تتبع وقياس مجموعة من هذه العناصر الكبرى والصغرى، بالإضافة إلى بعض العناصر المفيدة المرتبطة بخصوبة التربة والجهد الملوحي، حيث شملت التحاليل المخبرية التي أجريناها العناصر التالية: الكالسيوم(Ca) ، الكلور (Cl) ، المغنسيوم(Mg) ، والحديد(Fe) .

أ) الكالسيوم (Ca):

الكالسيوم في التربة عنصر معدني أساسي ثنائي التكافؤ يساهم في ربط جزيئات الطين والمادة العضوية فيجعل التربة أكثر تماسكاً واستقراراً [152]، حيث يعمل على معادلة الحموضة الزائدة من خلال إزاحة أيونات الهيدروجين (H^+) فيرفع قيمة (Ph) ويجعل التربة أقل حموضة وملائمة لنمو النبات [153] ويوضح الجدول (10) المرجعي أدناه تصنيف التربة بناء على قيم تركيز الكالسيوم .

الجدول (10): تصنيف التربة وفقا لتركيز عنصر الكالسيوم (mg/l)

القيمة mg/L	صنف التربة
225_75	ضعيفة

225_350هعا	معتدلة
350_فأكثر	شديدة

العكيدي، وليد خالد. (2014). علم البيدولوجي: مسح وتصنيف الترب. مديرية الكتب والمطبوعات للطباعة والنشر.

ب) الكلور Cl_2:

يدخل الكلور في تنظيم حركة المياه والمواد الذائبة داخل الخلايا النباتية وبذلك يحافظ على التوازن الأسموزي من أجل حصول النبات على العناصر المعدنية التي يحتاجها في عمليات التمثيل الضوئي وخاصة التمثيل الغذائي للكربوهيدرات.[154] والكلور هو أحد العناصر النادرة الرئيسية التي يحتاجها النبات في مراحل نموه مع ملاحظة أنه يستفيد فقط من الصورة الأيونية للكلور (Cl^-) وليس في الصورة الغازية له (Cl_2)، .[155] تأتي أهمية الكلور لدوره الفاعل في عمليات التمثيل الغذائي ودوره في عمليات فتح وغلق الثغور (Stomata) في الأوراق كما أنه يحافظ عليها في صورة ممتلئة وقوية [156]، [157]. كما أن له دوراً أساسياً لا غنى عنه في عملية التحلل الضوئي للماء لإنتاج الأكسجين في النظام الضوئي الثاني. [158]

ج) المغنسيوم Mg:

يعتبر المغنيسيوم في التربة عنصراً معدنياً أساسياً ثنائي التكافؤ(Mg^{2+}) ، حيث يساهم بشكل مباشر في تحسين القيمة الغذائية للمحاصيل عن طريق زيادة تركيز الفيتامينات والكربوهيدرات في الثمار [159]. كما يلعب دوراً أساسياً في تنشيط العديد من الإنزيمات ومساعدة النبات على امتصاص الفسفور، ويؤثر نقصه سلباً على جودة الإنتاج.

د) الحديد Fe:

يعتبر الحديد في التربة عنصراً أساسياً حيث يؤثر مباشرة على جودة المحاصيل وقيمتها الغذائية، ويدخل في تكوين البروتينات النباتية ويزيد من تركيز العناصر الغذائية في الثمار .[161]ويتأثر توفره للنبات بدرجة حموضة التربة وقدرتها على التهوية، مما ينعكس مباشرة على نمو النبات وإنتاجيته. [162]

II.2.3. التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه السقي:

خضعت عينات مياه الري للتحليل الفيزيائية والكيميائية في مخابر مؤسسة "الجزائرية للمياه "بوحدة الوادي، بالإضافة إلى قياس بعض الخصائص في مخبر كلية علوم الطبيعة والحياة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي. شملت هذه التحاليل قياس الأس الهيدروجيني (pH) باستخدام جهاز مقياس الـ(pH-meter) pH ، وقياس الناقلية الكهربائية (EC) بواسطة جهاز مقياس الناقلية.(Conductivity meter) .

II.3.3. التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتمر:

II.1.3.3. تقدير درجة الحموضة (PH) والناقيلية الكهربائية (EC).

تم تقدير درجة الحموضة (pH) وفقًا للبروتوكول المنهجي لـ(1999) MARX ، كما تم تقدير قيمة الناقلية الكهربائية (CE) استنادًا إلى البروتوكول المنهجي لـ(2001) JONES ، وذلك باتباع الخطوات التالية:

- إذابة 5 g من مسحوق نبات التمر في 25 mL من الماء المقطر.
- إخضاع المزيج لعملية رج مستمر باستخدام جهاز الرج المغناطيسي، ثم ترشيحه للحصول على الراشح الصافي.
- قياس درجة الحموضة (pH) للراشح بواسطة جهاز قياس (الوثيقة 32) (pH-mètre) تقدير الناقلية الكهربائية (EC) باستخدام جهاز قياس الناقلية الكهربائية (Conductivity meter) (الوثيقة 33)

الوثيقة (32): جهاز قياس درجة الحموضة ph **الوثيقة (33):** جهاز قياس الناقيلية الكهربائية Ec

II.2.3.3. تقديرالمادة العضوية والرماد

تم تقديرنسبة المادة العضوية والرماد كما وصفها (أحمد عثمان2011)

تقدير نسبة الرماد:

قُدِّرت كمية الرماد الكلية في الدرنات وفقاً للطريقة الموصوفة من طرف أحمد عثمان (2011) كما يلي:

- جُفِّفت البواتق الخزفية في فرن عند درجة حرارة 105 °C لمدة 15 min ثم تُركت لتبرد.
- وزنت البواتق الفارغة باستعمال ميزان حساس.
- وزن 2 g من مسحوق نبات التمر في كل بوتقة.
- وضعت البواتق في فرن الحرق بالمخبر عند درجة حرارة 550 °C لمدة 6.h
- نُقلت البواتق إلى المجفف (Dessiccateur) حتى تبرد، ثم وُزنت من جديد.
- حُسبت نسبة الرماد الكلي على أساس الوزن الجاف باستعمال المعادلة الآتية:

$$\text{نسبة الرماد (\%)} = \frac{[\text{(وزن البوتقة بالرماد) - (وزن البوتقة فارغة)}] \times 100}{\text{وزن العينة}}$$

- **ثم حسبت نسبة المادة العضوية باستعمال المعادلة الأتية:**

$$\text{نسبة المادة العضوية (\%)} = 100 - \text{نسبة الرماد (\%)}$$

II.3.3.3. تقدير العناصر المعدنية

تم تقدير العناصر المعدنية لمسحوق التمر وفقا للطريقة المعتمدة من طرف AOAC (1984) باستخدام جهاز طيف الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrophotometer وجهاز الطيف اللهبي Flame Emission Spectrophotometer، بإتباع الخطوات التالية:

- وزن 1 g من الأسمدة الجافة ونضع كل عينة في بوتقة بداخل فرن الترميد عند درجة حرارة 550 °C لمدة 6 ساعات.
- ثم نخرج البوتقة ونبردها في المجفف.
- ننقل الرماد إلى كأس بيشر ذات حجم 100 mL ونضيف له 5 mL من حمض كلور الماء (2N) ونغطي الكأس.
- نقوم بعملية تبخير المستخلصات بتسخينها في الحوض الرملي لمدة 10د.

- ثم نبرد المحلول ونضيف لكل محلول 25 mL من الماء مقطر ثم نرشح المحلول في دورق Ml50 نكمل المحلول للعلامة بالماء المقطر.

حيث استعملنا المستخلص الناتج في تقدير العناصر التالي(Mg) ، (Fe)بجهاز طيف الامتصاص الذري (على مستوى الحاضنة) (الوثيقة 34) والعناصر (Ca) بجهاز الطيف اللهبي Flame photometer(الوثيقة 35)على مستوى جامعة حمه لخضر بالوادي بمخبر كلسة العلوم الطبيعية والحياة أما بالنسبة لعنصر الكلور(Cl) ، فقد تم تقديره في المستخلص عن طريق المعايرة(Titration) ، وذلك على مستوى مخبر مؤسسة الجزائرية للمياه بولاية الوادي .

الوثيقة (34): جهاز طيف الامتصاص الذري

الوثيقة (35): جهاز الطيف اللهبي

.

II.4.3. تقدير القيمة الغذائية لنبات التمر:

- **تحضير المستخلصات:**

تم استخلاص مواد الأيض الأولي حسب طريقة SHIBKO et al. (1966) الموصوفة من طرف (BELDI, 2007; AMIRA, 2013) من مسحوق نبات البطاطا وذلك بإتباع الخطوات التالية:

•تم أخذ 1g من مسحوق نبات التمر من كل عينة ووضعها في بيشر.

• تم إضافة 10 ml من d'acide trichloracétique (TCA)(20%) ثم الخلط المزيج باستخدام جهاز الرج المغناطيسي لمدة 5 د ثم وضعها في أنابيب زجاجية.

• تم فصل الخليط بجهاز الطرد المركزي(الوثيقة 36) لمدة 10 د وبسرعة 3000 دورة/د حيث تم الحصول على الطافي I الذي نقدر به الكربوهيدرات.

• أما الراسب الاول فقد أضيف له 4 mL من محلول (1V/1V) éther/chloroforme. ثم يرج الخليط

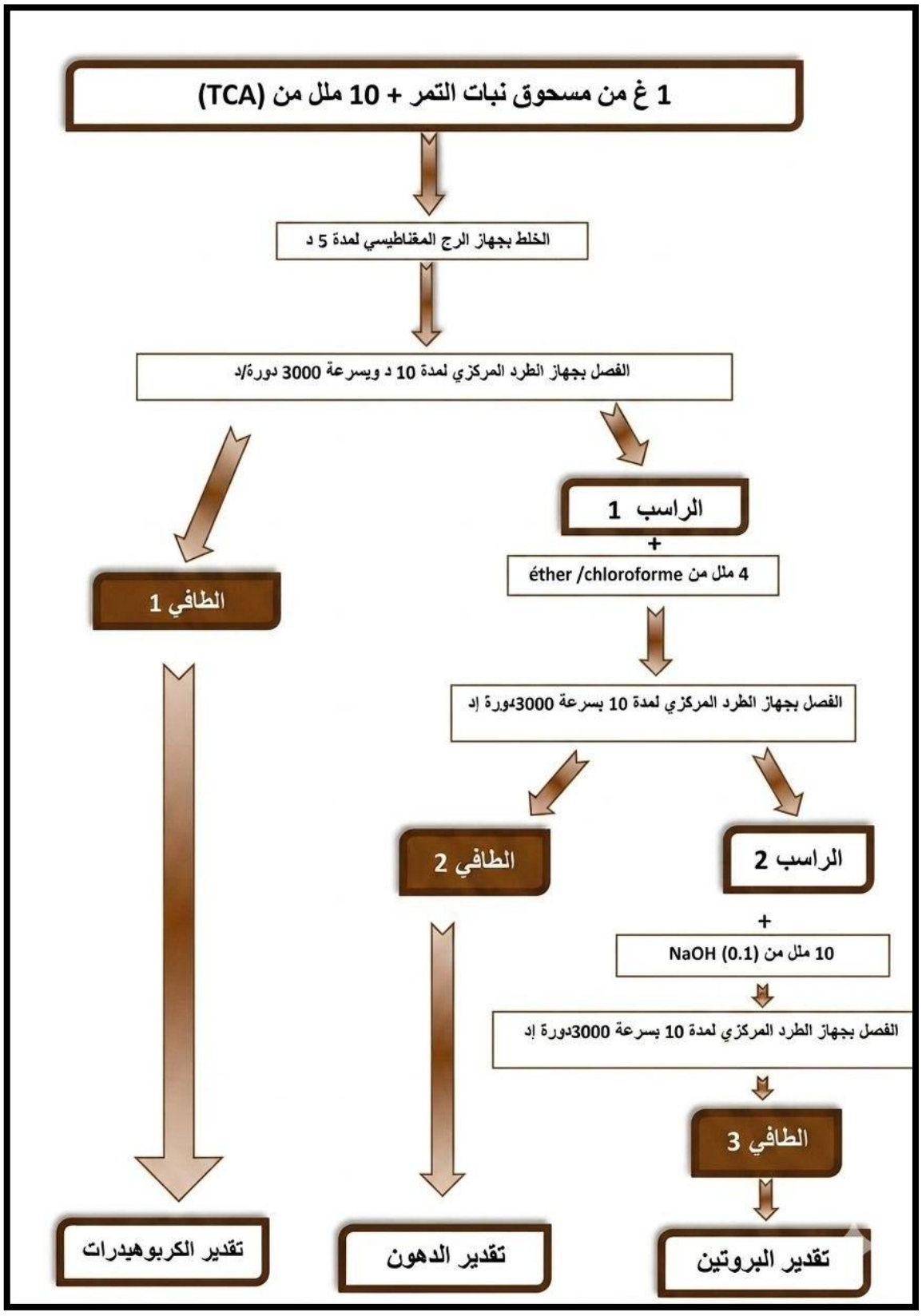
• تم فصل الخليط مرة أخرى بجهاز الطرد المركزي لمدة 10 د وبسرعة 3000 دورة/د للحصول على الطافي II الذي نقدر به الدهون.

• أما الراسب الثاني فقد أضيف له 10 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH (0.1N) ويرج الخليط

• تم فصل الخليط مرة أخرى بجهاز الطرد المركزي لمدة 10د وبسرعة 3000 دورة /د للحصول على الطافي III الذي نقدر به الدهون

والوثيقة (37) توضح اهم مراحل استخلاص الكربوهيدرات، الدهون، البروتين، حسب طريقة SHIBKO et al. (1966) من مسحوق نبات التمر.

الوثيقة (36): جهاز الطرد المركزي



الوثيقة (37): مخطط يوضح أهم الخطوات الرئيسية لاستخلاص الكربوهيدرات والدهون والبروتين ;BELDI, 2007 AMIRA, 2013

- **تقدير الكربوهيدرات:**

تم تقدير الكربوهيدرات وفق طريقة (1956). DUBOIS et al الموصوفة من طرف (بن جامع، 2008) و ذلك باتباع الخطوات التالية مع إجراء بعض التعديلات:

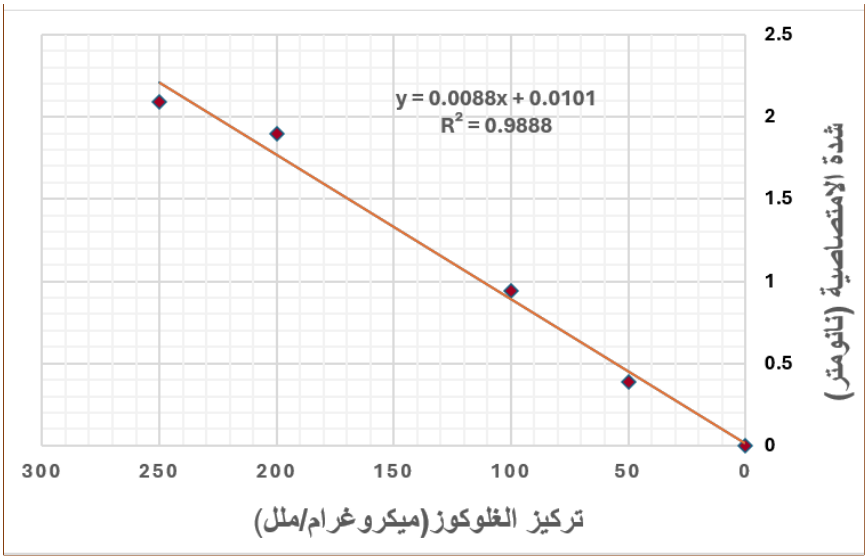
1. تحضير المحلول القياسي للغلوكوز:

إذابة 5 mgمن الغلوكوز في 5 mL من حمض الكبريت (N1) للحصول على محلول ذو تركيز 1000 (µg/mL)

، ومنه نحضر سلسلة المحلول القياسي ذو التراكيز (0، 50، 100، 150؛200؛250) (µg/mL)

2. البروتوكول التجريبي للتقدير:

- تم وضع 1mLمن كل تركيز من محاليل السلسلة القياسية بالإضافة إلى 1mLمن مستخلص العينات (الطافي I) في أنابيب اختبار زجاجية.
- إضافة 1mL من الفينول (5%) ثم 5mLمن حمض الكبريت المركز.
- ثم الرج جيدا وترك العينات لمدة 15 دقيقة. {الوثيقة (8) في الملحق II
- ثم قياس شدة الامتصاصية الضوئية عند طول الموجة 490 نانومتر باستعمال جهاز المطيافية الضوئية (الوثيقة)



الوثيقة (38): توضح المنحنى القياسي للغلوكوز

الوثيقة (39): المطيافية الضوئية (Spectrophotometer)

II.3.3.4. تقدير الدهون :

تم تقدير محتوى الدهون وفق طريقة GOLDSWORTHY et al. (1972) كما وصفها (BELDI, 2007) مع إدخال التعديلات وذلك وفق الخطوات التالية :

1. تحضير المحلول القياسي للدهون :

- ذابة 3mg من الزيت الصويا (100%بنقاء) في 1.2 mL من مزيج محلول ether/chloroform (1V/1V)للحصول على محلول ذو تركيز 2500 (µg/mL)ثم نحضر سلسلة المحلول القياسي ذو التراكيز (0 ، 100200500.800 (µg/mL)).

2. **تحضير المحلول الكاشفsulfophosphovanillinique :**

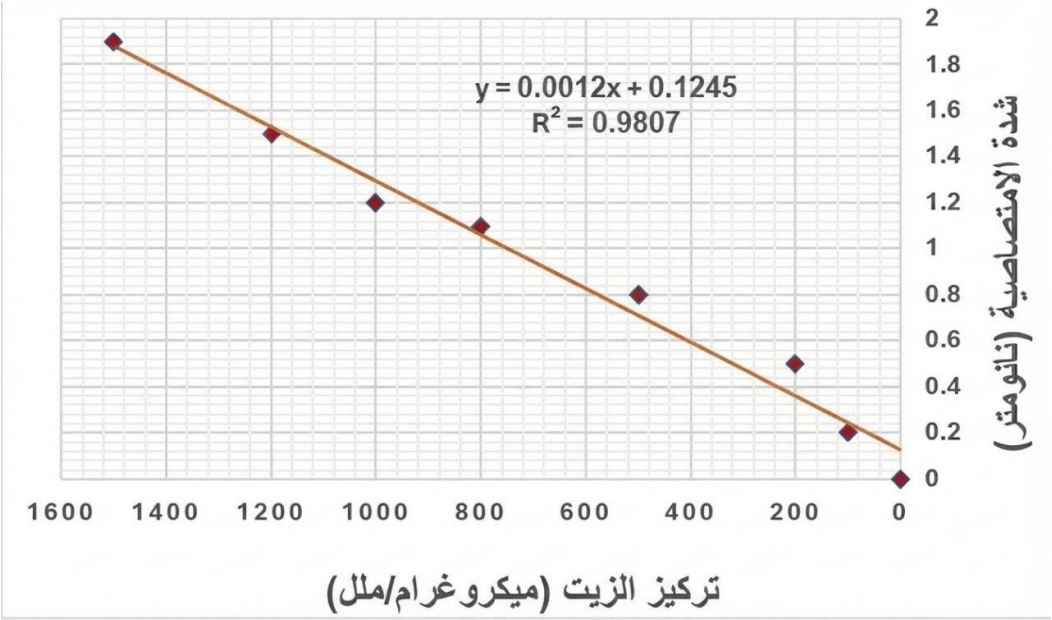
إذابة 38 ml من Vanillin في 5.5 ml ماء مقطر ثم إضافة 19.5 ml من حمض الفسفوريك H3PO4 (85%) للحصول على حجم 15ml

3. **البروتوكول التجريبي للتقدير :**

- تم وضع 0.1 ml من كل تركيز من سلسلة المحلول القياسي المحضرة بالإضافة إلى 1mL من مستخلص العينات (الطافي II) في أنابيب اختبار زجاجية .
- إضافة 1 mL من حمض الكبريت المركز
- رج الأنابيب جيدا ثم وضعها في حمام مائي عند 100°م لمدة 10 دقائق.
- بعد تبريد الأنابيب نؤخذ منها 0.15 mL من كل أنبوب ويوضع في أنابيب أخرى .

- إضافة 1.5 mLمن الكاشف المحضر .(sulfophosphovanillinique)
- ثم رج الأنابيب جيدا في الظلام لمدة 30 دقيقة.
- ثم قياس شدة الامتصاصية الضوئية عند طول الموجة 530 نانومتر بواسطة جهاز المطيافية الضوئية .
- رسم المنحنى القياسي باستغلال نتائج قراءة المحاليل القياسية التي تحدد تركيز الدهون في كل عينة .

ملاحظة: يتحول لون المحلول الى اللون الوردي عند وجود الدهون.



الوثيقة (40): توضح المنحنى القياسي للدهون

II.4.4.3. تقدير البروتين:

تم تقدير محتوى البروتين وفق طريقة Lowry et al. (1951)، والموصوفة من قبل PRABHU et al. (2012)، وذلك وفق المراحل التالية:

أولاً: إعداد الكواشف والمحاليل

- كاشف (أ): يحضر بمزج 50 mL من كربونات الصوديوم Na2CO3 (2%) مع50mL من هيدروكسيد الصوديوم (0.1N NaOH).

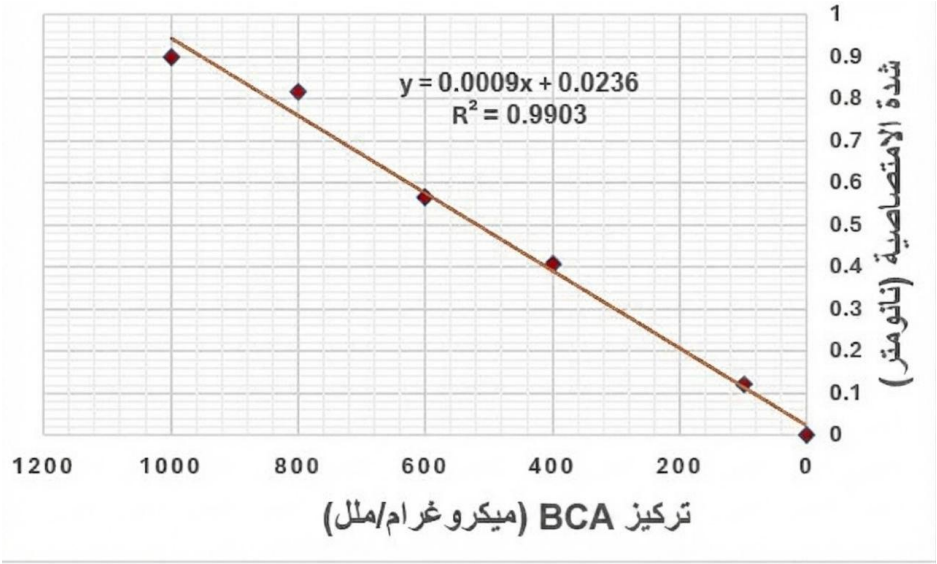
- كاشف (ب): يتم تحضيره بخلط (mL10 من محلول كبريتات النحاس (CuSO4(0.5%) مع (mL10 من محلول تيترات الصوديوم (0.1%).
- كاشف (ج): يحضر بتخفيف كاشف "فولين–سيكالتو" Folin-Cicalteau المركز بنسبة (1v/1v).
- كاشف (د): يُحضر مباشرة قبل الاستعمال بمزج mL50 من المحلول (أ) مع (mL1) من المحلول (ب).

ثانياً: تحضير المحلول القياسي البروتين:

- استخدام ألبومين مصل البقر (BSA) كمادة قياسية. حيث تم تحضير المحلول الأم بإذابة (3 mg) من بروتين ألبومين مصل البقر في (mL3) من هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (0.5 N). للحصول على محلول ذو تركيز (1000 µg/mL) وتم تحضير سلسلة المحاليل القياسية ذات التراكيز (0،100،400،600،800،1000) µg/mL

ثالثاً: البروتوكول التجريبي للتقدير:

- تم وضع 0.2 mL من سلسلة المحاليل القياسية بالإضافة إلى 0.2mLمن مستخلص البروتين للعينات (الطافي الثالث) في أنابيب اختبار.
- إضافة2 mL من المحلول (د) لكل أنبوب.
- إضافة (0.2 mL من المحلول (ج) مع المزج المباشر.
- حضن الأنابيب في الظلام لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة المخير
- تم قياس شدة الامتصاصية الضوئية للعينات عند طول الموجة (750 نانومتر) باستخدام جهاز المطيافية الضوئية (Spectrophotometer).



الوثيقة (41): توضح المنحنى القياسي للبروتين

II.5.3. تقدير المواد الفعالة:

II.5.3.1. تحضير المستخلص للتقدير :

تم استخلاص المركبات الأيضية الثانوية حسب طريقة (MATKOWSKI et PIOTROWSKI 2006)من مسحوق نبات التمر. وذلك وفق الخطوات التالية:

تم إذابة 3 gمن المادة الجافة في 30mL ميثانول مع الرج جيدا ثم تترك للنقع لمدة 72 ساعة في درجة حرارة المخبر، بعد ذلك يرشح المزيج في دورق صغير وتوضع في الحاضنة للتجفيف عند درجة حرارة 45 م°، الئ غاية الحصول على المستخلص الميثانولي النقي ذي القوام لزج والوثيقة) 42(توضح أهم الخطوات الرئيسية للاستخلاص مواد الأيض الثانوي.

الوثيقة (42): مخطط يوضح اهم الخطوات الرئيسة للاستخلاص مواد الايض الثانوي

(MATKOWSKI et PIOTROWSKI2006)

II.3.5.2. حساب المردود :

تم حساب نسبة المستخلص الصافي وفق المعادلة التالية:

$$100\times(PMV/PEB) = R\%$$

R%: نسبة المستخلص (Rendement)

PEB: وزن المستخلص الصافي

PMV: وزن المادة النباتية

II.3.5.3. تقدير محتوى الفينولات الكلي:

تم تقدير المحتوى الكلي للفينولات وفق طريقة ((SINGLETON et ROSSI (1965 بن سلامة ،2012)وذلك استخدام كاشف (Folin-Ciocalteu) والذي يرجع بواسطة المركبات الفينولية مشكلاً معقد أزرق، وذلك بإتباع الخطوات التالية:

أ) البروتوكول التجريبي للتقدير:

تم مزج 0.2 mL من المستخلص الميثانولي مع 1 mL من محلول Folin Ciocalteu المخفف 10 مرات مع الرج جيداً .

حضنت الأنابيب في درجة حرارة المخبر لمدة 5 دقائق.

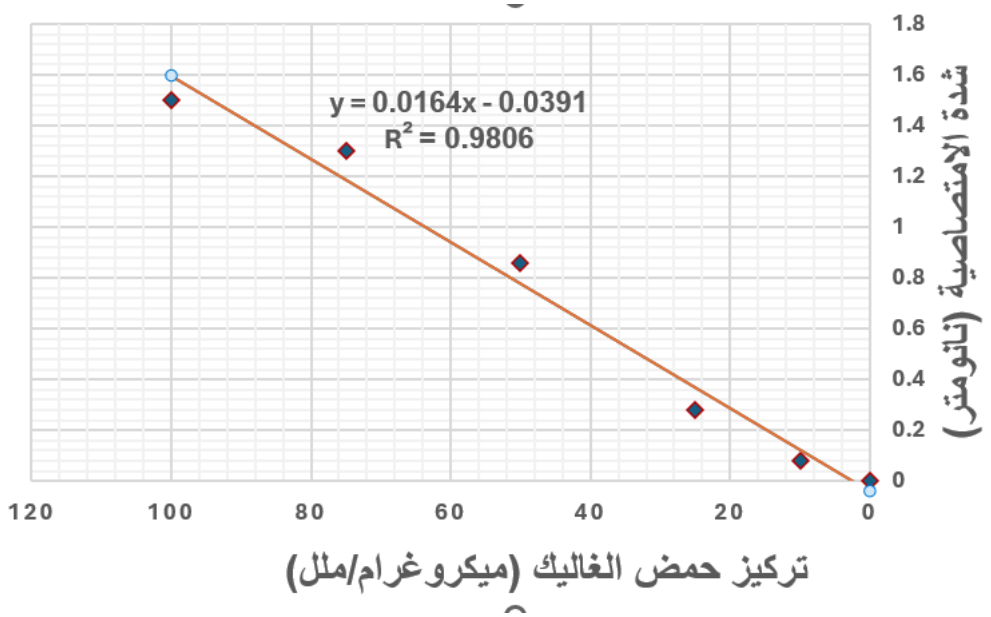
إضافة 0.8 mL من كربونات الصوديوم (3 %% 20(Na2CO

ترك الأنابيب لمدة 40 د بعيداً عن الضوء.

تم قياس شدة الامتصاصية الضوئية عند طول الموجة 760 نانومتر بواسطة جهاز المطيافية الضوئية .

ب) تحضير المحلول القياسي:

كما تم تحضير المنحنى القياسي لحمض الغاليك حيث تمت إذابة 8 mg من حمض الغاليك في 2 mL ماء مقطر للحصول على محلول أم ذو تركيز (4000 µg/mL) ، ثم حضرت منه سلسلة من التراكيز القياسية) 0، 62.5، 125، 250() µg/mL ثم عوملت الأنابيب بنفس الخطوات السابقة لتقدير المحتوى الفينولي. تم قياس شدة الامتصاصية بجهاز المطيافية ورسم المنحنى القياسي للتراكيز بدلالة شدة الامتصاصية) .



الوثيقة (43): توضح المنحنى القياسي لحمض الغاليك

II.4.5.3. تقدير محتوى الفلافونويدات :

تم تقدير محتوى الفلافونويدات اعتمادا على طريقة **WOISKY et SALATINO (1998)** والتي تعتمد على تفاعل الفلافونويدات مع نترات الألمنيوم **AlCl3** مكونة معقد ذا اللون أصفر وذلك وفق ما أشار إلى **(2012 KHWAIRAKPAM et BALWINDER)**

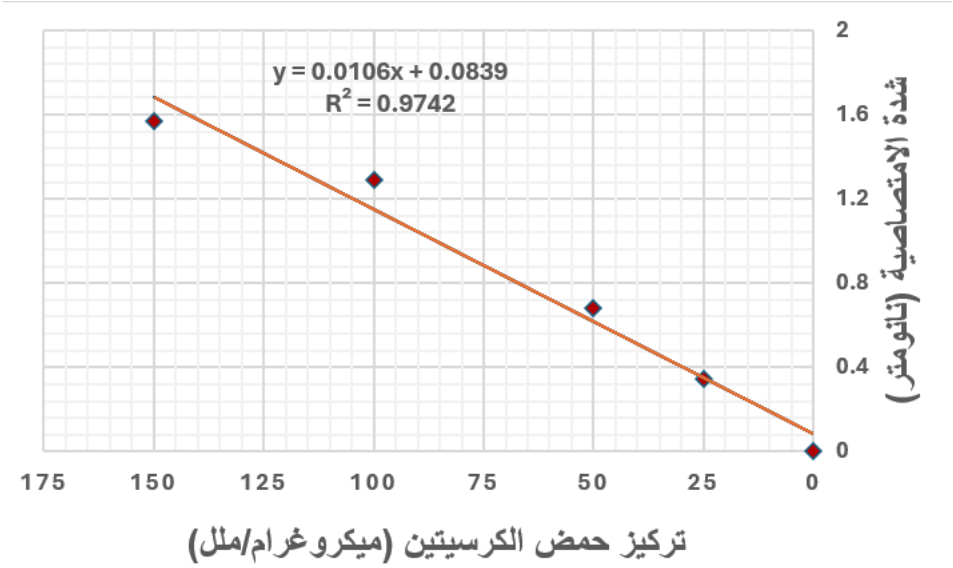
1.البروتوكول التجريبي لتقدير:

- **تم مزج** 2 mL من المستخلص الميثانولي مع 0.1 **mL** من نترات الألمنيوم.**(10 %) AlCl3**
- إضافة 0.1 **mL** أسيتات الصوديوم – بوتاسيوم **(1 M) CH3COONa–CH3COOK**
- إضافة 2.8 **mL** ماء مقطر وثم تترك الانابيب لمدة 30 د في الظلام .
- تم قياس شدة الامتصاصية الضوئية عند طول الموجة 415 نانومتر بواسطة جهاز المطيافية الضوئية .

2.تحضير المحلول القياسي:

ولإعداد المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين تم إذابة 5 ملغ من هذا الحمض في 10 **mL** ميثانول للحصول على محلول أم ذو تركيز (500 µg/mL) ، تم تحضير سلسلة المحلول القياسي ذو التراكيز (0، 25، 50، 100، 150)) µg/mL. بعد ذلك عوملت الأنابيب بنفس الخطوات السابقة لتقدير المحتوى الفلافونويدات. بعد ذلك تم قياس شدة الامتصاصية بجهاز المطيافية ورسم المنحنى القياسي للتراكيز بدلالة شدة

الامتصاصية الذي يعبر عنه بمعادلة خطية التي تحدد تركيز الفلافونويدات في كل عينة (بوحدة ملغ/غ من المادة الجافة المكافئة لحمض الكرسيتين).



الوثيقة (44): توضح المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين

II .6.3. تقدير الفعالية البيولوجية :

تقدير النشاطية المضادة للأكسدة لاختبار الجذر الحر (DPPH)

يعتمد اختبار **DPPH (2,2-diphenyl 1-picryl hydrazyl)** على الجذر الحر **DPPH** وذلك من خلال قدرته على قابلية إعطاء مضادات الأكسدة ذرة هيدروجين (شمسة؛ 2015) للجذر الحر يتميز **DPPH** بلونه البنفسجي ويمتلك خاصية الاستقرار والذي يرجع إلى **(2,2-diphenyl 1-picryl hydrazyl)** الذي يتميز باللون الأصفر (زردومي، 2015؛ طويل وفار، 2015).

الوثيقة (45): آلية تفاعل الجذر الحر DPPH مع مضادات الأكسدة.(AO-H)

لتحضير محلول **DPPH** من أجل تقدير النشاطية المضادة للأكسدة يتم أولاً إذابة 4 **mg** من مسحوق الجذر **DPPH** في 100 **ml** من الميثانول ثم يتم وضعه في مخلاط مغناطيسي مع الرج لمدة 15 **min** للحصول على محلول ذو تركيز 0.4 **mmol/l.**

انطلاقاً من المستخلص الميثانولي الخام لكل عينة يتم تحضير المحلول الأم ذو التركيز 1000 **µg/ml** وابتداءً من هذا التركيز يتم تحضير سلسلة التراكيز التالية:

(1000; 500; 250; 125; 62.5; 31.25; 15.625) µg/ml.

بعد تحضير التراكيز نأخذ أنابيب اختبار ونضيف من كل تركيز 200 **µg** مع 800 **µg** من محلول **DPPH** المحضر.

يترك الخليط لمدة 30 **min.**

يتم وضع محتوى كل أنبوب في الـ **Cuve** الخاص به.

قراءة شدة الامتصاصية بواسطة جهاز المطيافية الضوئية عند طول موجة 517 **nm.** النشاطية المضادة للأكسدة يعبر عنها على شكل النسبة المئوية وتحسب وفق العلاقة التالية:

$$A = (A_0 - A_e) / A_0$$

بحيث:

A : نسبة تثبيط الجذر الحر.

A_0: شدة الامتصاصية الضوئية للشاهد السلبي.

A_e : شدة الامتصاصية الضوئية للعينة النباتية.

كما تم تحضيرالمنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك وفق الخطوات السابقة الوثيقة(1) الملحق IV.

II.5.3.التحليل الإحصائي :

من أجل تقييم مدى تأثير مياه الري الممغنطة على الخصائص الفسيولوجية لثمار التمر تم تطبيق المنهجية الإحصائية التالية :

حيث إعتمد على برنامج الإكسال ستات (EXcel _ Stat) لإجراء كافة الإختبارات الإحصائية و رسم البيانات مع إستخدام الإحصاء الإستدلالي (t _ text) مع إستعمال أختبار ت (t _text) للعينات المستقلة، حيث قمنا بمراقبة الفروق بين

المتوسطين و تحديد نوع الفارق (معنوي أو غير معنوي) عبر قراءة قيمتي (T) المحسوبة و (T) القيمة الحرجة للمقارنة بين المعاملة المياه الممغنطة و المياه غير الممغنطة (شاهد)

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

I. المناقشة والتحليل:

1.I. نتائج تحاليل الخصائص الكيميائية لتربة الحقل:

1.1.I. درجة الحموضة PH والناقيلية الكهربائية EC:

جدول (11): يوضح الخصائص الكيميائية للتربة

التربة المسقية بمياه غير ممغنطة		التربة المسقية بمياه ممغنطة	
PH	EC (mS/cm)	PH	EC (mS/cm)
7.8	0.984	7.45	1.839

يتضح من خلال النتائج المبينة في الجدول (11) والذي يوضح التحاليل الكيميائية لمحلول التربة تحت تأثير نوعية مياه الري، أحدهما مروية بالمياه الممغنطة وأخرى غير ممغنطة حيث نلاحظ:

- انخفاضاً في قيمة الحموضة (pH) في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت قيم النتائج بـ (7.45) مقارنة بالمياه غير الممغنطة حيث قدرت قيم النتائج بـ (7.8) على التوالي.
- ونلاحظ أيضاً ارتفاعاً في محتوى الناقلية الكهربائية (EC) في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت بـ (1.839 mS/cm) مقارنة بالمياه غير الممغنطة حيث قدرت قيم النتائج بـ (0.984 mS/cm) على التوالي.

ويمكن تفسير انخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) في التربة المروية بالماء الممغنط إلى تفكيك التجمعات الجزيئية الكبيرة للماء بفعل المجال المغناطيسي، مما يرفع من ذوبانية غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وتكوين حمض الكربونيك الضعيف الذي يخفض القلوية. بالإضافة إلى ذلك، فإن هذا التحول الفيزيائي يحفز الجذور على امتصاص العناصر بفاعلية، مما يقلل من تركيز الأيونات المسببة للقلوية في محلول التربة مقارنة بالري التقليدي (Maheshwari & Grewal, 2009) ومن جهة أخرى، فإن انخفاض لزوجة الماء الممغنط وزيادة حركيته يساعدانه على التغلغل بسهولة داخل قطاع التربة، جارفاً معه الأيونات الزائدة من السطح نحو الطبقات السفلى (Khoshravesh et al., 2011) أما الارتفاع الملحوظ في قيم الناقلية الكهربائية (EC)، فيعود إلى التغيرات البنيوية التي تطرأ على الماء عند مغنطته، والمتمثلة في تكسير الروابط الهيدروجينية وتقليل التوتر السطحي (Surendran et al., 2016) هذا الوضع يمنح الماء طاقة إذابة فائقة تعمل على تفكيك وتحليل الأملاح والمعادن المترسبة في معقد التربة وتحويلها إلى أيونات حرة (Hilal & Hilal, 2000) كما أن زيادة النفاذية الهيدروليكية للمياه الممغنطة داخل المسامات تزيد من كفاءتها في غسل

وإذابة المركبات الملحية الكامنة وتحريرها في صورة أيونات طليقة ناقلة للتيار الكهربائي، مما أدى إلى هذه القفزة الواضحة في قيم الـ (EC) مقارنة بالري بالمياه العادية(Mostafazadeh-Fard et al., 2011)

2.1.I. العناصر المعدنية:

جدول (12): نتائج تحاليل العناصر المعدنية لتربة

نوع التربة / العنصر	التربة المسقية بمياه ممغنطة	التربة المسقية بمياه غير ممغنطة
الحديد Fe (µg/mL)	56.10	57.46
المغنزيوم Mg (µg/mL)	1	0.7
الكالسيوم Ca (µg/mL)	120.59	165.50
الكلور Cl (µg/mL)	0.12	0.05

أظهرت النتائج وجود فروق بين التربة المسقية بالمياه الممغنطة والتربة المسقية بالمياه غير الممغنطة في محتوى بعض العناصر المعدنية المدروسة.

الحديد (Fe): سجلت التربة المسقية بالمياه الممغنطة قيمة 56.10 µg/mL مقابل 57.46 µg/mL في التربة المسقية بالمياه غير الممغنطة، مما يشير إلى انخفاض طفيف في تركيز الحديد. ويمكن تفسير ذلك بزيادة امتصاص النبات لهذا العنصر نتيجة تحسن جاهزيته وانتقاله في التربة تحت تأثير المياه الممغنطة.

المغنيسيوم (Mg): ارتفع تركيز المغنيسيوم في التربة المسقية بالمياه الممغنطة إلى 1 µg/mL مقارنة بـ 0.7 µg/mL في التربة غير الممغنطة. ويعكس هذا الارتفاع تحسن ذوبانية العنصر وتوفره في الوسط الجذري، مما قد يساهم في تعزيز العمليات الفسيولوجية للنبات، خاصة عملية البناء الضوئي.

الكالسيوم (Ca): انخفض تركيز الكالسيوم من 165.50 µg/mL في التربة غير الممغنطة إلى 120.59 µg/mL في التربة الممغنطة. وقد يدل هذا الانخفاض على زيادة امتصاص النبات للكالسيوم أو تحسن حركة العنصر وانتقاله نحو الجذور نتيجة تأثير المغنطة على خصائص الماء والتربة.

الكلور (Cl): ارتفع تركيز الكلور في التربة الممغنطة إلى 0.12 µg/mL مقارنة بـ 0.05 µg/mL في التربة غير الممغنطة. وقد يرجع ذلك إلى زيادة ذوبان الأملاح المعدنية وتحرر الأيونات في المحلول الأرضي تحت تأثير المجال المغناطيسي.

الاستنتاج العام

تشير النتائج إلى أن استخدام المياه الممغنطة أدى إلى تغيير توزيع العناصر المعدنية في التربة، حيث زادت تراكيز بعض العناصر مثل المغنيسيوم والكلور، بينما انخفضت تراكيز الحديد والكالسيوم. ويُحتمل أن يكون ذلك نتيجة لتحسن ذوبانية العناصر المعدنية وزيادة جاهزيتها للامتصاص من طرف نبات التمر، مما يؤكد الدور الإيجابي للمياه الممغنطة في تحسين ديناميكية العناصر الغذائية داخل التربة ورفع كفاءة استفادة النبات منها.

2.I. نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الري الممغنطة والغير ممغنطة لنبات التمر '' دقلة نور''

1.2.I. مناقشة الخصائص الفيزيائية للمياه الري الممغنطة وغير الممغنطة لنبات التمر صنف "دقلة نور "

جدول (13): يوضح نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية لمياهالري الممغنطة والغير ممغنطة

المعاملات	Ph	EC (ms/cm)	TDS (ppm)	TH (mg/L)	ST (g/cm)	D (g/cm)	TUR (NTU)
مياه ممغنطة	8.1	5.5	3100	2100	0.022	0.998	0.12
مياه غير ممغنطة	8	5.45	3150	2000	0.068	1.003	0.18

وضحت النتائج المدرجة في الجدول (13) التحليل الفيزيائي للمياه الممغنطة والمياه غير الممغنطة (الشاهد)، حيث يُلاحظ وجود اختلافٍ ملحوظٍ في قيم المعاملات المدروسة. فقد أظهرت معاملة المياه الممغنطة زيادةً طفيفةً في قيم كلٍّ من الناقلية الكهربائية (EC) ودرجة الحموضة(pH) ، إذ سجلت قيمة الحموضة 8.10 مقارنةً بمعاملة الشاهد التي بلغت 8.00، بينما سجلت الناقلية الكهربائية 5.5 ms/cm \ مقارنةً بمعاملة الشاهد 5.45 ms/cm. \ أو يرجع هذا الارتفاع إلى ما ذكره (Hadi, 2020) من أن المجال المغناطيسي يزيد من تركيز أيونات الهيدروكسيل (-OH) ويحرر كلاً من أيونات المغنيسيوم والكالسيوم عند الري بالمياه الممغنطة، مما يؤدي إلى هذا الارتفاع الطفيف في قيم pH و.EC كما يُلاحظ من خلال الجدول (13) انخفاضٌ في كلٍّ من العكارة(TUR) ، الكثافة(D) ، والشد السطحي (ST)في المياه الممغنطة، حيث بلغت القيم(0.12\ NTU) ، $0.998\ g/cm^3$ ، 0.022 (N/m \على التوالي، مقارنةً بمعاملة المياه العادية(0.18\ NTU) ، $1.003\ g/cm^3$ \، 0.068 .(N/m \وفي هذا السياق، أكد (الموصلي وآخرون، 2009) استناداً إلى جملة من البحوث العلمية، الأثر الفعلي والمعزز الذي تحدثه المغنطة في البنية الفيزيائية للماء. إذ يؤدي تعريض المياه للمجال المغناطيسي إلى تفكيك المجاميع الجزيئية الكبيرة وتحويلها إلى تجمعات أصغر حجماً (Water\ Clustered\ Groups) هذا التحول الهيكلي يترتب عليه خفض واضح في قيم الشد السطحي، الكثافة، والعكارة، مما يمنح جزيئات الماء مرونة حركية أعلى تُسهل اختراقها للأغشية الخلوية النباتية وتزيد من نفاذيتها. ويتطابق هذا الطرح مع ما توصل إليه (Zhang et al., 2005)عبر محاكاة الديناميكية الجزيئية، حيث أثبت أن المجال المغناطيسي يقلل اللزوجة والشد السطحي ويرفع معامل الانتشار، مما يعزز قدرة الماء على الإنتشار داخل أنسجة النبات.

وفيما يتعلق بالجانب الفسيولوجي للنبات، أشار (Hadi, 2020) إلى أن الري بالمياه الممغنطة يُحسن من نمو فسائل نخيل التمر (Phoenix dactylifera L.) صنف "دقلة نور "ويحدّ من تأثير الإجهاد الملحي،نظراً لأن المجاميع الصغيرة لجزيئات الماء المتكونة تحت تأثير المجال المغناطيسي تؤدي إلى

امتصاصٍ أفضل وسرعة نفاذٍ عبر الشعيرات الجذرية. كما أوضح (Aliverdi & Karami, 2021) أن الماء الممغنط يتحول من مجرد ماء بسيط إلى سائل ذي جودة هيدروليكية عالية تتغير فيها قيم الكثافة والشد السطحي، حيث تزداد سيولته نتيجة خفض اللزوجة، مع احتفاظه بالخواص المغناطيسية التي ترفع من قابليته لإذابة المكونات المختلفة كالمعادن والفيتامينات وتسهيل حركتها.

بالإضافة إلى ذلك، يُلاحظ انخفاض العسرة الكلية (TH) في المياه الممغنطة 2000\ mg/L) مقارنة بـ 2100(mg/L\، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) (3100\ ppm مقارنة بـ 3150(ppm\، هذا الانخفاض يساهم بشكل مباشر في تقليل تراكم الأملاح حول منطقة الجذور(Rhizosphere) ، وهو أمر بالغ الأهمية لنبات نخيل التمر الذي ينمو غالباً في ظروف بيئية جافة ومالحة، لا سيما صنف "دقلة نور "المعروف بحساسيته النسبية للإجهاد المائي والملحي خلال مرحلتي الإزهار وعقد الثمار، تماشياً مع ما ذكره (Krid, 2022).

I.2.2. مناقشة الخصائص الكيميائية للمياه الري الممغنطة وغير الممغنطة لنبات التمر صنف "دقلة نور ".

جدول (14): يوضح نتائج تحاليل الخصائص الكيميائية للمياه الري الممغنطة والغير ممغنطة

المعاملات	الفسفور P (mg/L)	الكالسيوم Ca (mg/L)	المغنسيوم Mg (mg/L)	الكلوريد (mg/L)Cl	البيكربونات HCO_3^- (mg/L)
مياه ممغنطة	2.4	430	295	820	215
مياه غير ممغنطة	2	405	315	860	195

تشير نتائج الجدول (14) إلى الخواص الكيميائية للمياه الممغنطة والمياه غير الممغنطة،حيث نلاحظ ارتفاعاً في تركيز كل من الفسفور والكالسيوم في المياه الممغنطة، والتي بلغت قيمتها 2.4 (ملغ/ل) و 430 (ملغ/ل) على التوالي، مقارنة بمياه الشاهد (غير الممغنطة) والتي سجلت 2 (ملغ/ل)و 405 (ملغ/ل) على التوالي. وتُعزى هذه النتائج إلى تحرر كميات من الفسفور والكالسيوم المنحل والذائب بفعل تأثير المجال المغناطيسي.

وقد أوضح الموصلي (2009) آلية تأثير المياه الممغنطة على هذين العنصرين، مشيراً إلى أن المجال المغناطيسي يؤثر في حركية أيونات الكالسيوم والفسفور من خلال إعادة توجيهها والحد من عشوائيتها، مما يؤدي إلى خفض فعالية الأيونات الموجبة الحرة المتنافسة على الارتباط، ويُتيح في الوقت ذاته فرصة أكبر لظهورها بصورة أكثر انحلالاً وجاهزية في الوسط المائي والتربة.

كما أوضحت نتائج الجدول وجود نقصٍ في تركيز المغنيسيوم والكلوريد في المياه الممغنطة، حيث بلغت قيمتهما 295 (ملغ/ل) و 820 (ملغ/ل) على التوالي، مقارنة بالمياه غير الممغنطة التي سجلت 315 (ملغ/ل) و 860 (ملغ/ل) على التوالي. ويعود هذا الانخفاض إلى دور المجال المغناطيسي في إضعاف الأغلفة المائية المحيطة بالأيونات الحرة(Hydration Shells) ، مما يحفز أيونات المغنيسيوم والكلوريد على التصادم والارتباط المبكر؛ لتكوين تجمعات غروية وبلورات ميكروسكوبية دقيقة معلقة، وهو ما يؤدي إلى خفض تراكيزها الكيميائية الفعالة في صورتها الذائبة الحرة. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه كل من Mostafazadeh-Fard et al (2012)و Chibowski & Szcześ (2018)

وفي المقابل، نلاحظ ارتفاعاً طفيفاً في تركيز البيكربونات في المياه الممغنطة (215 ملغ/ل) مقارنة بالمياه غير الممغنطة (195) (ملغ/ل). حيث بيّنت دراسة Al-Hilal & Hilal (2012) أن المجال المغناطيسي يؤثر في ديناميكية توازن (البيكربونات – ثاني أكسيد الكربون) في الماء، مما يؤدي إلى تغير في درجة الحموضة وزيادة قلوية الماء.

I.3. نتائج تحاليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لثمار التمر:

I.1.3. تحليل نتائج درجة الحموضة PHوالناقلية الكهربائية EC:

جدول (15): نتائج تحاليل درجة الحموضة والناقيلية الكهربائية للتمر الممغنط وغير ممغنط

تمر غير ممغنطة		تمر ممغنطة	
PH	EC (mS/cm)	PH	EC (mS/cm)
4.89	3.19	4.16	3

تُظهر النتائج الموضحة في الجدول(15) انخفاضاً في قيمة كل من الأس الهيدروجيني (pH) والناقلية الكهربائية (EC) في ثمار التمر،حيث سجلت عينة النخيل المروية بالمياه الممغنطة قيمة 4.16 لـ pH و 3 mS/cm لـEC ، مقارنة بالعينة الشاهدة (المروية بالمياه العادية) التي سجلت 4.89 لـ pH و 3.19 mS/cm لـ EC على التوالي. حيث نفسر أنخفاض كل من درجةالحموضة PH و الناقلية EC في التمر المسقي بالمياه الممغنطة أنه و عند مرور مياه الري عبر المجال المغناطيسي، تضعف الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء وتتفكك، مما ينتج عنه تقليل التوتر السطحي وانخفاض اللزوجة، وهذا ما يحفز امتصاص العناصر الغذائية ويزيد من نفاذية الأغشية الخلوية لجذور النخيل(Pang, 2008) هذا التحفيز بدوره، يعزز التمثيل الغذائي (الأيض) داخل الثمرة نتيجة لتنشيط إنزيمات الهدم والبناء، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأحماض الحرة مثل (حمض الماليك، وحمض الستريك) (Teixeira da Silva & Dobránszki, 2014)، وهو ما يفسر بوضوح انخفاض قيمة pH في ثمار التمر المعاملة بالمياه الممغنطة.

ومن جهة أخرى، يرجع انخفاض الناقلية الكهربائية (EC) في ثمار التمر المسقية بالمياه الممغنطة إلى أن المياه الممغنطة لها قدرة عالية على إذابة الأملاح في التربة وغسلها، مما يقلل من امتصاص نبات النخيل للأملاح الزائدة ويخفض تركيزها داخل الثمار.(Hilal, 2011)

وهكذا، يتضح أن الري بالمياه الممغنطة يؤثر إيجابياً على الخصائص البيوكيميائية والفيزيولوجية لثمار التمر، من خلال تحسين جودة الثمار. بزيادة حموضتها العضوية وتقليل محتواها الملحي التراكمي. وهذا ما يفتح آفاقاً واعدة لاعتماد تقنية مغنطة المياه كاستراتيجية زراعية مستدامة لتحسين جودة إنتاج التمور وتخفيف آثار ملوحة مياه الري.

I.2.3. نتائج التحاليل للعناصر المعدنية لثمار التمر:

مناقشة العناصر المعدنية :

الجدول (16): نتائج التحاليل للعناصر المعدنية لثمار التمر

العينة / العنصر	تمر ممغنطة	تمر غير ممغنطة
الحديد Fe (µg/mL)	27.60	30.31
المغنزيوم Mg (µg/mL)	0.91	0.89
الكالسيوم Ca (µg/mL)	42.58	56.98
الكلور Cl (µg/mL)	0.05	0.09
نسبة الرماد %	9	7.5
نسبة المادة العضوية %	91	92.5

تظهر النتائج الموضحة في الجدول 16 قيم العناصر المعدنية المقدرة تحت تأثير نوعية مياه الري لثمار التمر (المسقي بالمياه الممغنطة مقارنة بالمسقي بالمياه غير الممغنطة الشاهد) حيث نلاحظ انخفاضاً في محتوى كل من الكالسيوم، الحديد، والكلور في ثمار التمر المسقية بالمياه الممغنطة، إذ قُدّرت نتائجها على النحو التالي: 42.58 \mu g/mL\، 27.60 \mu g/mL\، و 0.05 mg/L\على التوالي. وبالمقارنة مع نتائج التمر المسقي بالمياه غير الممغنطة، فقد أعطت القراءات التالية: 56.98 \mu g/mL\، 30.31 \mu g/mL\، و 0.090 mg/L\على التوالي.

وفي مقابل ذلك، لُحظ ارتفاعٌ في محتوى المغنيسيوم في التمر المسقي بالمياه الممغنطة، حيث قُدّر بـ 0.91 \mu g/mL\، مقارنة بمحتواه في التمر المسقي بالمياه غير الممغنطة والذي بلغت قيمته 0.89 \mu g/mL.

يرجع الانخفاض الملحوظ في تركيز عناصر الكالسيوم(Ca) ، الحديد(Fe) ، والكلور (Cl) في ثمار التمر المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بالشاهد إلى آلية الترشيح والغسل التي تحدث في التربة؛ حيث تعمل المياه الممغنطة على زيادة ذوبانية الأملاح وتفكيكها (مثل كربونات الكالسيوم وأملاح الكلوريد)، وجرفها بعيداً عن منطقة الجذور، مما يقلل من امتصاص النبات للأيونات الزائدة ويحميه من الإجهاد الملحي .(Hilal, 2000) كما أن انخفاض هذه الأيونات الحرة داخل الثمرة يعزى إلى دخولها في تفاعلات حيوية أدت إلى تحولها من أيونات ذائبة إلى معقدات كيميائية، وهذا ما يفسر انخفاض الناقلية الكهربائية (EC) في التمر المسقي بالمياه الممغنطة (Hamza, 2019)

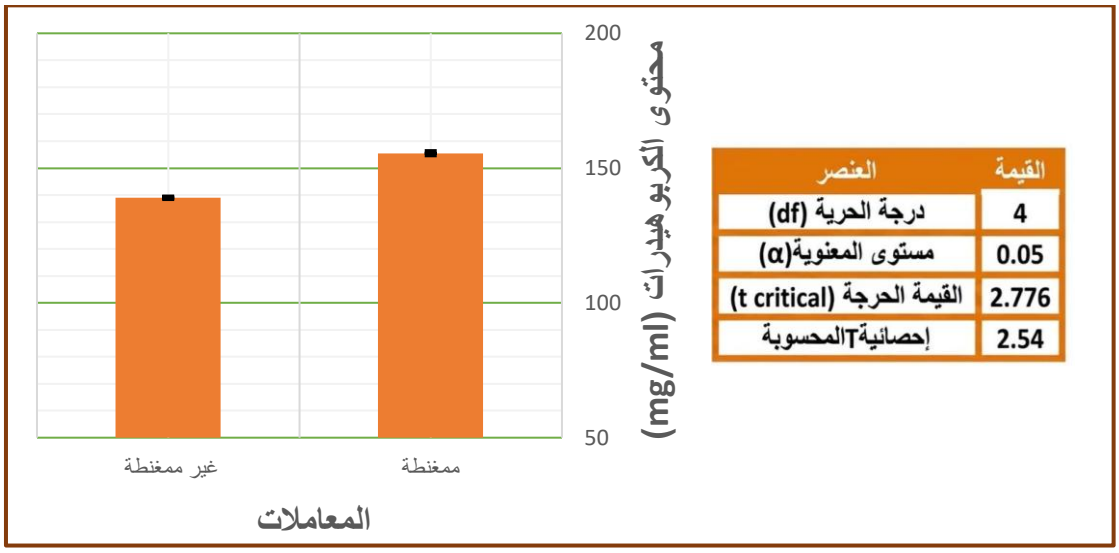
وفي المقابل، فإن الارتفاع في تركيز المغنيسيوم يعود إلى الدور الجوهري للمياه الممغنطة في تحفيز امتصاص العناصر الأساسية وتنشيط الكفاءة التمثيلية للنبات، حيث يعد المغنيسيوم عنصراً مركزياً في جزيء الكلوروفيل، ويرتبط ارتفاعه بزيادة معدل البناء الضوئي، النشاط الإنزيمي، وتدفق المغذيات نحو الثمار لتسريع نضجها (Hozayn, 2010; Teixeira, 2016)

I.4. تأثير المياه الممغنطة على محتوى القيمة الغذائية:

I.4.1. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الكربوهيدرات لنبات التمر:

تمثل الوثيقة 46 تغيرات محتوى الكربوهيدرات في ثمار التمر صنف دقلة نور تبعا لمعالجة مياه الري بتقنية المغنطة حيث أوضحت نتائج أن كمية الكربوهيدرات في نبات التمر المسقي بالمياه الممغنطة أعلى من كمية الكربوهيدرات في النبات التمر المسقى بالمياه غير ممغنطة حيث قدرت كميتها (139.0.155.5) مغ امل على التوالى. وكما تبين من التحليل الاحصائي حسب اختبار T عند مستوى دلالة (0.05=p) أن

الفروقات في محتوى الكربوهيدرات ذات دلالة لا معنوية للحصول قيمة T المحسوبة أصغر من القيمة الجدولية لها.



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائيةTالمحسوبة	2.54

الوثيقة (46): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الكربوهيدرات في نبات التمر

من خلال ما أظهرته نتائج الدراسة الحالية وجد أن هنالك زيادة واضحة في محتوى الكربوهيدرات لدى نبات التمر المعالج بالمياه الممغنطة حيث بلغ متوسط العام 155.52مقارنةب 139.0 المعاملة بالمياه الغير ممغنطة بنسبة زادت قدرتها 11.9%. و يمكن تفسير هذه هذه الزيادة من خلال عدة آليات مرتبطة مرتبطة حيث يتوافق هذا مع ما وصل إليه (تواتي و, عبيد 2021) ويعود ذلك الى انخفاض الشد السطحي او التوتر السطحي للمياه الممغنطة مما يساعد في تحسين نمو النبات ويعطي منتجا ذا جودة ونوعية افضل. وكذلك يؤدي المجال المغناطيسي إلى إعادة ترتيب البنية الجزيئية للماء وتقليل حجم الكتلة المائية مما يزيد من نفاذية الماء وقابليته لإذابة وبالتالي تحسين امتصاص الجذور للعناصر الغذائية(Ferrer-Dubois et al . 2022)

كما أكدت دراسة Alavi وأخرون (2021) على نبات النعناع ان المياه الممغنطة mT300-100 زادت تركيز العناصر الكبرى في النبات بشكل ملحوظ. حيث ارتفع النيتروجين بنسبة52% والفوسفور بنسبة82% والبوتاسيوم بنسبة35 % تحت ظروف ملحية وهذه العناصر خاصة النيتروجين والبوتاسيوم تدخل في تركيب الانزيمات المنظمة لعملية البناء الضوئي ونقل الكربوهيدرات بالاضافة إلى ان التربة المسقية بالمياه الممغنطة تحتوي على عناصر مغذية أكثر من غيرها. من بينها الكالسيوم Ca الذي له دور هام في تحويل النشا إلى جلوكوز وزيادة النشاط الإنزيمي للأميلاز داخل النبات .وقد أكدت دراسة Nurul lslam,Mohd Azemi (1998)أن إضافة الكالسيوم تعمل على تحفيز تحلل النشا بواسطة إنزيم الأميلاز، مما يؤدي إلى زيادة إطلاق سكر الجلوكوز وغيره من السكريات المختزلة .

وتشير نتائج الدراسة Ferrer_Dubois وأخرون (2022) على نبات الطماطم إلى أن الري بالمياه المعالجة بتقنية المغنطة أدى الى زيادة محتوى الكلوروفيلa و bولكلوروفيل الكلي . مما ارتبط بارتفاع ملحوظ في الكربوهيدرات حيث يحسن المجال المغناطيسي الكفاءة الضوئية ويزيد قدرة النبات على تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية مخزنة.

بالاضافة إلى ذلك أوضحت الدراسةEsmaillou و آخرون (2024) على شتلات التفاح ان الري بالمياه المغلنطة أدى إلى زيادة السكريات الذائبة بنسبة105.76% ونشاط إنزيم اللاكتاز والبيروكسيداز تحت ظروف ا الإجهاد الملحي، مما يشير إلى أن المغنطة تعزز من قدرة النبات على تجميع المواد المتناضحية الواقية وتحافظ على الضغط الاسموزي الخلوي وتمنع فقدان الماء وبالتالي استمرار عملية البناء الضوئي .(De souza _Torres et al, 2020).

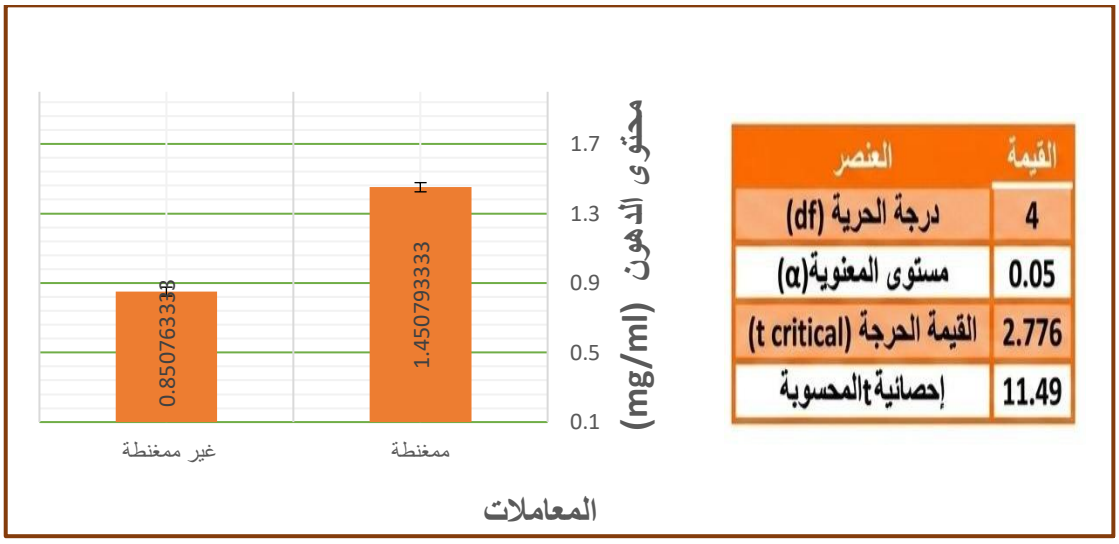
وفي الأخير تشير النتائج المجتمعة على أن مغنطة مياه الري تقنية واعدة لتحسين إنتاج نخيل التمر وجودته خاصة في الظروف الجافة، والشبه جافة من خلال تأثيرات المتكاملة تشمل تغيرات الفيزيائية المحسنة لخواص الماء، وزيادة امتصاص العناصر الغذائية وتحسين محتوى الكلوروفيل وكفاءة التركيب الضوئي وتعزيز الأنظمة الدفاعية والتناضحية للنبات.

خلافًا لما تم توصل اليه في هذه الدراسة. تشير نتائج بعض التجارب إلى أن الري بالماء الممغنط قد لا يؤدي بالضرورة إلى تحسين محتوى الكربوهيدرات في النباتات، بل قد يتسبب في انخفاضه. ففي دراسة أجراها كل من Hozayn و El-Monairy (2020)على نبات الفول تحت ظروف الإجهاد الملحي، لوحظ انخفاض في نسبة السكريات الكلية بنسبة 7% عند الري بالماء الممغنط مقارنة بالماء غير الممغنط. وقد أرجع الباحثان هذا الانخفاض إلى زيادة امتصاص أيونات الصوديوم السامة، مما يعيق عملية البناء الضوئي. من جهة أخرى، أكدت مراجعة نقدية أعدها Maheshwari و Grewal (2009)أن العديد من النتائج الإيجابية المرتبطة باستخدام الماء الممغنط تفتقر غالبًا إلى إمكانية التكرار والضبط التجريبي الدقيق، مشيرة إلى أن عددًا غير قليل من الدراسات لم تُسجل فروقًا ذات دلالة إحصائية. وبناءً على ذلك، لا يمكن الجزم بفعالية مغنطة الماء في تحسين جودة ثمار نخيل التمر إلا بعد إجراء المزيد من الدراسات المستقلة والمضبوطة.

II.2.4. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الدهون لنبات التمر:

تظهر الوثيقة 47 تغيرات محتوى الدهون الموجودة في نبات التمر صنف "دقلة نور "تبعًا لمعالجة المياه بتقنية المغنطة. حيث أظهرت النتائج أن كمية الدهون في نبات التمر المسقى بالمياه الممغنطة أعلى مقارنة بكميتها في المسقى بالمياه غير الممغنطة، إذ قدرت قيمتها بـ (0.85076، 1.45079) مغ/مل على

التوالي. وكما تبين من نتائج التحليل الإحصائي حسب اختبار T عند مستوى دلالة (p=0.05) أن الفروقات في محتوى الدهون ذات دلالة غير معنوية، وذلك لحصول قيمة T المحسوبة أصغر من القيمة الجدولية.



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائية t المحسوبة	11.49

الوثيقة (47): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الدهون في نبات التمر

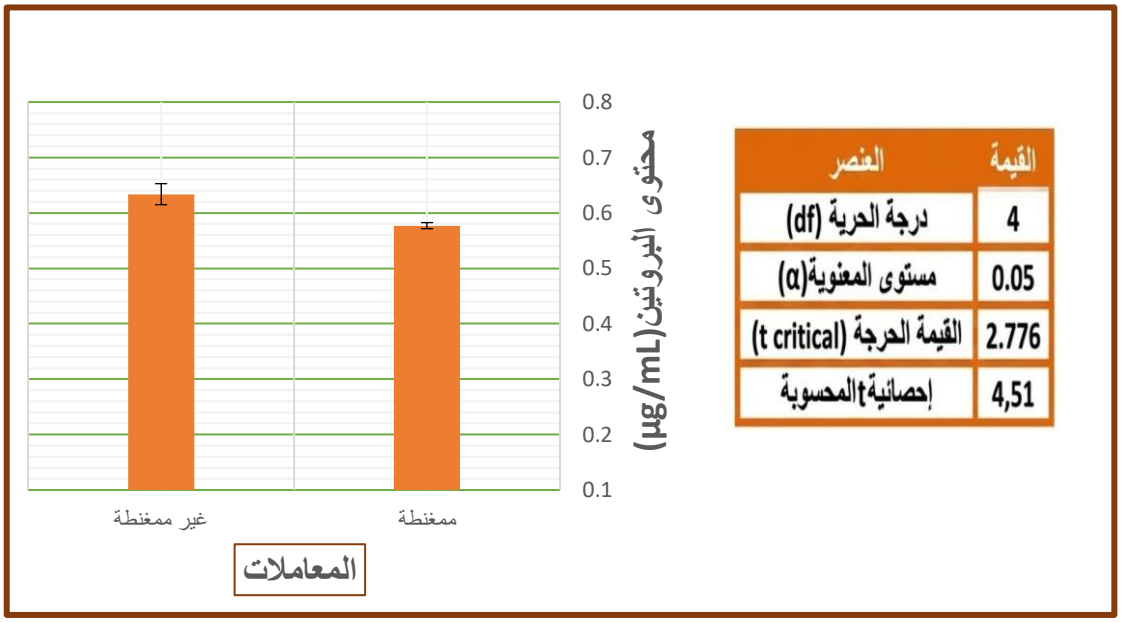
بيّنت نتائج الوثيقة السابقة التي تشير إلى أن أعلى محتوى للدهون يكون في نبات التمر المسقى بالمياه الممغنطة، فهو أفضل مقارنة بالعينات المسقاة بالمياه غير الممغنطة. ويُرجع ذلك كما ذكر Novitskii (2014)إلى أن المياه المعالجة بالمغنطة تحفز تخليق الدهون من خلال زيادة الدهون القطبية (PL) وزيادة محتوى الجلوكوليبيد والفوسفوليبيد. وأن المياه الممغنطة كما أوضح Novitskii وآخرون (2010) تزيد من محتوى حمض الإيروسيك في نبات الفجل. كما أظهر Zarei وآخرون (2023) أن المياه الممغنطة تحدث تغيرات في البنية الجزيئية للماء وحركة الأيونات، وهذا ما يزيد نفاذية الأغشية الخلوية وكفاءة امتصاص العناصر الغذائية كالمغنيسيوم والفسفور الضروريين لتخليق الدهون. ومن ناحية أخرى، كشفت دراسة Kayaniو Jin (2023)أن المجالات الكهرومغناطيسية تنشط الجينات المسؤولة عن إنزيمات تحلل السكر)مثل Hexokinase) وإنزيم تخليق الأحماض الدهنية(Fatty acid synthase) ، مما يعزز إنتاج الأحماض الدهنية مثل البالمتيك والبالمتوليك. بالإضافة إلى تجارب Ataya وآخرون (2023) على نخيل التمر نفسه، حيث بيّنت أن المياه الممغنطة حسّنت محتوى الأوراق من الكربوهيدرات والكلوروفيل والعناصر الكبرى (N, P, K, Ca, Mg)، وهي عوامل غير مباشرة ترفع من نواتج البناء الضوئي المتاحة كمواد أولية لتكوين الدهون. إضافة إلى ذلك، بينت دراسة Hasan وآخرون (2018) أن الري بالمياه الممغنطة يخفض الإجهاد التأكسدي)انخفاض MDA والبرولين (ويحافظ على سلامة الأغشية الخلوية الغنية بالدهون، وهو ما يفسر تراكم الدهن بشكل أكبر في المعاملة الممغنطة.

وبشكل متكامل، تؤكد أبحاث Fatehi وآخرون (2020) على فول الصويا و Islamوآخرون (2020) على Arabidopsis thalianaأن المجال المغناطيسي يُحدث تحولًا في المسارات الأيضية لصالح تخزين الطاقة على شكل دهون، خاصة تحت الظروف المثلى للري. إذن، تمثل الزيادة البالغة 70.6% في محتوى دهون التمر نتيجة طبيعية لتحسين الامتصاص المعدني، وتنشيط التعبير الجيني للإنزيمات الدهنية، ورفع كفاءة التمثيل الضوئي، وتقليل الهدم التأكسدي للأغشية، وهي آليات متضافرة تثبت فعالية تقنية مغنطة المياه في تحسين القيمة الغذائية لنخيل التمر.

على الرغم من أن البيانات الأولية في المخطط تُظهر زيادة في محتوى الدهون لدى نبات التمر المسقى بالماء الممغنط (1.45079 مغ/مل) مقارنة بالماء غير الممغنط (0.85076 مغ/مل)، إلا أن هذه النتائج تبقى غير حاسمة لعدة أسباب. أولًا، قيمة الخطأ المعياري (SE) المحسوبة في الجدول غير مكتملة، مما يجعل من الصعب الحكم على دقة الفروق بين المتوسطين. ثانيًا، تشير مراجعة نقدية أجراها كل من Hozaynو Qados (2010)إلى أن العديد من الدراسات التي أظهرت فروقًا كبيرة في محتوى الدهون تحت تأثير الماء الممغنط كانت تفتقر إلى التكرار الكافي والضبط التجريبي.

I.3.4. تأثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في نبات التمر :

ومن خلال النتائج الموضحة في الوثيقة 48 والتي أظهرت تفوقًا واضحًا لمعاملة المياه غير الممغنطة (متوسط البروتين 0.664) على المعاملة الممغنطة (0.575) في نبات التمر. وهذه النتائج تتعارض مع الاتجاه العام لبعض الدراسات السابقة التي أشارت إلى تأثير إيجابي للمغنطة في تحسين المحتوى البروتيني، مثل دراسة Hadi (2020) على نخيل التمر صنف البرحي التي سجلت زيادة معنوية في البروتين تحت تأثير المغنطة.



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائية t المحسوبة	4,51

الوثيقة (48): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في نبات التمر

كما أظهرت دراسة حديثة أجراها Zareei وآخرون (2021) على نبات العنب المزروع بنظام الزراعة المائية، أن معالجة المحلول المغذي بالمجال المغناطيسي (0.2 تسلا) أدت إلى زيادة محتوى البروتين مقارنة بالشاهد غير المعالج

بالمقابل، هناك دراسات تتفق مع ما توصلنا إليه من انخفاض في محتوى البروتين تحت تأثير المغنطة. فقد أظهرت دراسة Saleh وآخرون (2020) على نبات الفول (Vicia faba) تحت إجهاد المعادن الثقيلة (النيكل والرصاص) أن الري بالمياه الممغنطة أدى إلى انخفاض محتوى البروتين الكلي عند التركيزات العالية من الملوثات (500 مغ نيكل/كغ تربة و 1000 مغ رصاص/كغ تربة) مقارنة بالنباتات التي رُويت بالمياه العادية.

يمكن تفسير ارتفاع البروتين في معاملة المياه غير الممغنطة في نتائجنا من خلال فرضية الإجهاد الخفيف. فقد أظهرت دراسة Zareei وآخرون (2021) أن المعالجة المغناطيسية يمكن أن تُحاكي حالة الإجهاد ولكن بدرجة أقل، مما يؤدي إلى تحفيز بعض الاستجابات الدفاعية. في حالتنا، ربما كانت النباتات غير الممغنطة تعاني من إجهاد خفيف (ربما بسبب ملوحة المياه أو ظروف أخرى) أدى إلى تحفيزها لإنتاج كميات أكبر من بروتينات الإجهاد كآلية دفاعية، بينما قللت المغنطة من حدة هذا الإجهاد فانخفض المحتوى البروتيني.

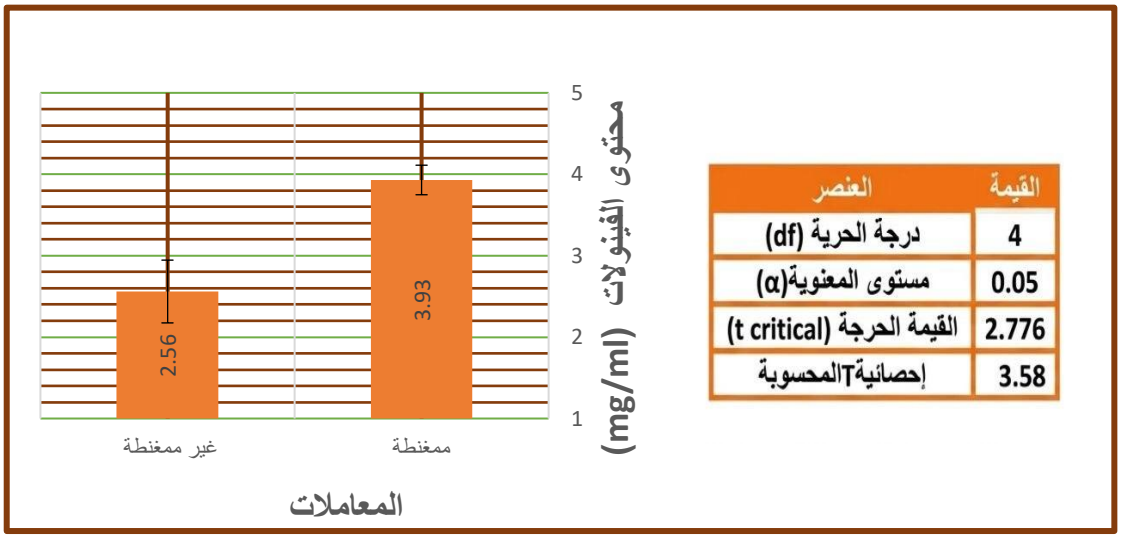
تتعارض نتائجنا التي أظهرت تفوقًا واضحًا للمعاملة غير الممغنطة (0.664) على الممغنطة (0.575) في محتوى البروتين مع بعض الدراسات السابقة، لكن هذا التباين يؤكده العلم. فاستجابة النبات للمغنطة تعتمد على شدة المجال والنمط الوراثي، والجرعة غير المثلى قد تثبط الأيض بدلاً من تحفيزه (Aladjadjiyan, 2010). كما أظهر Dhawi & Al-Khayri (2008) تباينًا كبيرًا في استجابة أصناف نخيل التمر للمغنطة،

بينما سجل Saleh وآخرون (2020) انخفاضًا في البروتين تحت ظروف إجهاد المعادن الثقيلة. لذا، فإن تأثير المغنطة ليس موجبًا دائمًا

I.4.4. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الفينولات لنبات التمر:

تمثل الوثيقة49 تغيرات محتوى الفينولات الكلية لدى نبات التمر صنف "دقلة نور "تبعًا لمعالجة مياه الري بتقنية المغنطة. حيث أظهرت النتائج أن كمية الفينولات في نبات التمر المسقى بالمياه الممغنطة أعلى من التمر المسقى بالمياه غير الممغنطة، إذ قُدِّرت قيمتها بـ (3.93، 2.56) مغ/مل على التوالي

وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب اختبار T عند مستوى دلالة (p=0.05) أن الفروقات في محتوى الفينولات ذات دلالة غير معنوية، وذلك لحصول قيمة T المحسوبة أصغر من القيمة الجدولية.



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائيةTالمحسوبة	3.58

الوثيقة (49): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الفينولات في نبات التمر

ويمكن تفسير هذه الزيادة بأنه تم تحفيز مسارات الدفاع النباتي(Elicitation) ، حيث يعمل المجال المغناطيسي كـ"إجهاد خفيف(Abiotic elicitor) "، مما يحفز النبات على إنتاج كميات أكبر من المركبات الفينولية كآلية دفاعية. هذا يتوافق مع ما جاء به Dhawi & Al-Khayri (2009) على بادرات نخيل التمر، حيث وجد أن المجال المغناطيسي أدى إلى تغيرات كيميائية حيوية مهمة، بما في ذلك زيادة المركبات الفينولية كنتيجة لتنشيط مسار الشيكيمات.

كما أن الزيادة في الفينولات ترتبط على الأغلب بزيادة نشاط إنزيم-PAL (Phenylalanine Ammonia Lyase)، وهو الإنزيم المحدد لسرعة تخليق الفينولات، وهذا يتفق مع ما جاء في دراسة Esmaillou وآخرون (2024) على شتلات الفاكهة، حيث أوضحت أن الري بالمياه الممغنطة عزز النشاط الإنزيمي المضاد

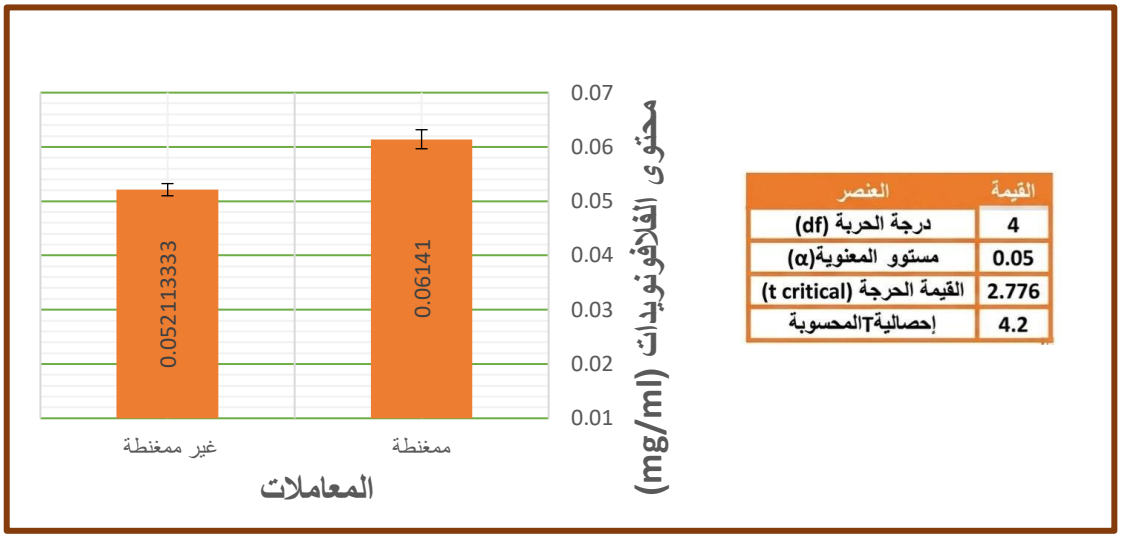
للأكسدة بشكل ملحوظ. وعلى غرار ذلك، يُعتقد أن المغنطة تزيد من التعبير الجيني أو النشاط البروتيني لإنزيم PAL في نخيل التمر، مما يوجه الفينيل ألانين نحو إنتاج الفينولات بدلاً من البروتينات الهيكلية.

كما يُفسر هذا الارتفاع بأن المجال المغناطيسي يحفز المسارات الأيضية الثانوية، وخاصة مسار حمض الشيكيميك المسؤول عن تخليق المركبات الفينولية، إما عن طريق تحسين امتصاص العناصر الغذائية أو عن طريق العمل كمنشط حيوي (elicitor) يثير استجابات دفاعية في النبات. و كما نجد أن هاته النتائج تتفق مع مع ما جاء به El-Yazied وآخرون (2012)، حيث أدت المعالجات الممغنطة إلى زيادة في الفينولات الكلية والفلافونويدات، مما يثبت أن التأثير ليس محصورًا في نوع نباتي معين.

كما يمكن تفسير زيادة محتوى الفينولات الكلية بما يتوافق مع مراجعة Teixeira da Silva وآخرون (2016)، على أن الري بالمياه الممغنطة عزز تراكم الفينولات ونشاط الإنزيمات، مما يحد من الإجهاد التأكسدي. ويتفق هذا مع ما أكدته الأبحاث المرجعية في ذات السياق، على أن المياه الممغنطة تُحسّن من المحتوى الفينولي ومضادات الأكسدة تحت ظروف الإجهاد المختلفة.

I.5.4. تأثير المياه الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في نبات التمر:

تمثل الوثيقة 50 تغيرات محتوى الفلافونويدات الكلية لدى نبات التمر صنف "دقلة نور "تبعًا لمعالجة مياه الري بتقنية المغنطة. حيث أظهرت النتائج أن كمية الفلافونويدات في نبات التمر المسقى بالمياه الممغنطة (0.0614 مغ/مل) كانت أعلى مقارنة بتلك المسقى بالمياه غير الممغنطة (0.0521 مغ/مل). وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب اختبار **T** عند مستوى دلالة **(p=0.05)** أن الفروقات في محتوى الفلافونويدات ذات دلالة غير معنوية، وذلك لحصول قيمة **T** المحسوبة أصغر من القيمة الجدولية .



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوو المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصاليةTالمحسوبة	4.2

الوثيقة (50): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في نبات التمر

تتفق نتائجنا بشكل كبير مع العديد من الدراسات التي أكدت التأثير الإيجابي للمياه الممغنطة في تحسين المحتوى الكيميائي الحيوي للنباتات. فقد أشارت دراسة (2009) Dhawi & Al-Khayriعلى نخيل التمر إلى أن التعامل مع البذور أو مياه الري بالمجالات المغناطيسية يُحدث تغيرات في المحتوى الكيميائي الحيوي، وهو ما يتسق مع الاتجاه العام لنتائجنا".

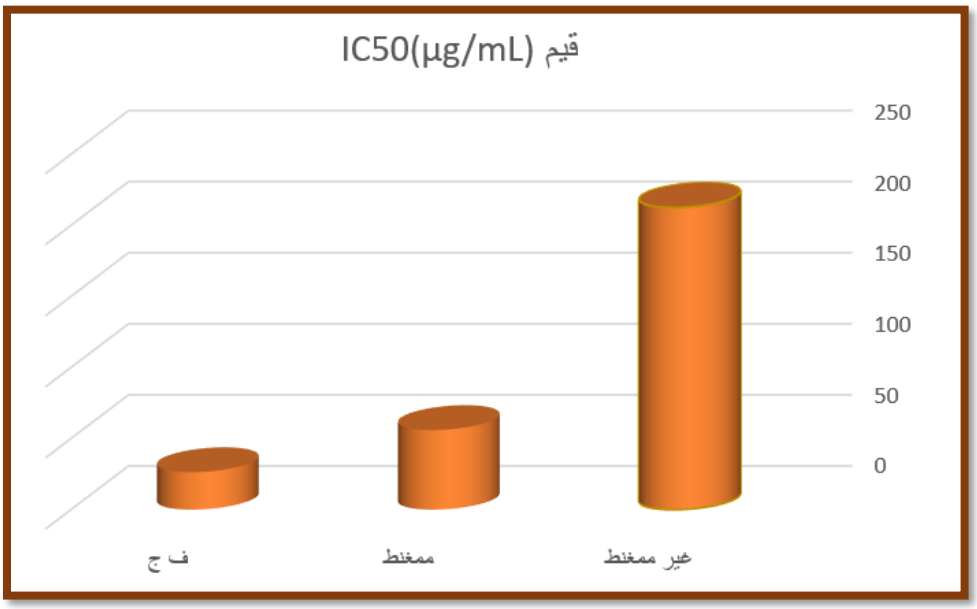
كما لم يقتصر التأثير الإيجابي للمغنطة على نخيل التمر أو المورينجا، بل امتد ليشمل أنواعاً نباتية أخرى. فقد أكدت دراسة Zareei et al. (2019) على نبات العنب أن المحاليل المغذاة المعالجة بالمجال المغناطيسي أدت إلى زيادة معنوية في محتوى الفينولات الكلية والفلافونويدات، مما يثبت أن التأثير الإيجابي للمغنطة ليس محصوراً في نوع نباتي معين، بل هو ظاهرة عامة مرتبطة بتحفيز المسارات الأيضية الثانوية.

كما تتوافق نتائجنا بشكل كبير مع الدراسة الرائدة التي أجراها Boix وآخرون (2018)، بالتعاون مع باحثين من جامعة حمه لخضر بالوادي، على نبات إكليل الجبل (Rosmarinus officinalis L.) فقد أظهرت تلك الدراسة أن ري النباتات المعالجة بالمجال المغناطيسي الساكن أدى إلى تعزيز ملحوظ في تركيزات مجموعة واسعة من المستقلبات الثانوية، حيث تم تحديد الكافور (Camphor) و α-terpineol والفيربينون (Verbenone)كأكثر المركبات وفرة، والتي زادت بشكل كبير في النباتات المعالجة، بالإضافة إلى مركبات endo-borneol و bornyl acetate و β-amyrin. والأهم من ذلك، أن هذه الزيادة في المستقلبات الثانوية ارتبطت بتحسين النشاط المضاد للأكسدة، مما يعكس زيادة القيمة الدوائية والغذائية للنباتات المعالجة.

كما يضيف Dhawi & Al-Khayri (2008) أن شدة المجال المغناطيسي ومدة التعرض يلعبان دوراً حاسماً في حجم التأثير، مما يستدعي تحسين هذه المعاملات في بحوث مستقبلية للوصول إلى فروقات معنوية إحصائياً.

يؤكد هذا التطابق في النتائج عبر أنواع نباتية مختلفة أن تأثير المغنطة لا يقتصر على نوع معين، بل هو استجابة عامة تحفز مسار الشيكيمات (Shikimate pathway) المسؤول عن تخليق الفينيل بروبانويدات، والتي تشمل الفلافونويدات والمركبات الفينولية الأخرى. وهذا ما يفسر الارتفاع الملحوظ في محتوى الفلافونويدات في نباتات التمر المعالجة مقارنة بالضوابط غير المعالجة.

6.4.I تأثير المياه الممغنطة النشاطية المضادة للأكسدة (أختبار DPPH)



الوثيقة (51): مخطط يوضح تاثير المياه الممغنطة على النشاط المضاد للأكسدة(أختبار DPPH) في نبات التمر

أظهرت نتائجنا الموضحة في الوثيقة 51 أن معاملة نبات نخلة التمر (صنف دقلة نور) بالمياه الممغنطة أدت إلى انخفاض ملحوظ في قيمة *IC 50* مقارنة بالعينات غير الممغنطة؛ حيث بلغت قيمة *IC 50* للعينات الممغنطة 56 *mu g/mL*\ ا، بينما سُجلت للعينات غير الممغنطة 212.58 *mu g/mL*\ ا، في حين سجل حمض الأسكوربيك (المستخدم كمرجع قياسي) قيمة 26.36 *mu g/mL*\ ا. ويعكس هذا الانخفاض في قيمة *IC 50* تحسناً واضحاً في النشاط المضاد للأكسدة بفضل المعالجة بالمياه الممغنطة. وفقاً لـ *(Pokorny et al., 2001)* ، فإنه كلما انخفضت قيمة *IC 50* زاد النشاط المضاد للأكسدة. وبناءً على ذلك، تُظهر العينات الممغنطة نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى من العينات غير الممغنطة، لكنها تظل أقل فعالية من المرجع القياسي (حمض الأسكوربيك) ، مما يشير إلى أن المغنطة تحسّن النشاط دون بلوغ فعالية المرجع. وبالتالي، يمكن تصنيف النشاط المضاد للأكسدة للمستخلص الممغنط على أنه معتدل نظراً لقيمة *IC 50* المرتفعة نسبياً مقارنة بالمرجع.

وبالمقارنة مع الدراسات السابقة، أبلغ *(Abdulla et al., 2024)* عن نشاط مضاد للأكسدة أعلى لنفس النوع النباتي بقيمة *IC 50* بلغت 12.62 *mu g/mL*\ ا، بينما كانت لحمض الأسكوربيك في دراستهم قيمة 2.85 *mu g/mL*\ ا، مما يعكس قدرة عالية جداً على تثبيط الجذور الحرة. كذلك، أشار *(Unuofin et al.,*

*(2024)*إلى أن النشاط المضاد للأكسدة القوي في هذه الأنواع النباتية يرتبط ارتباطاً وثيقاً بغناها بالمركبات الفينولية والفلافونويدات

وفي السياق ذاته، يرى *(Maidi, 2014)* أن النشاط المضاد للأكسدة القوي يعود عادة إلى الوفرة في المركبات الفينولية (خاصة الفلافونويدات والتانينات). وفي دراستنا الحالية، قد يُعزى التحسن الملاحظ في النشاط المضاد للأكسدة بعد المغنطة إلى زيادة محتوى هذه المركبات، بينما يعود سبب بقاء هذا النشاط معتدلاً مقارنة بالمرجع إلى المحتوى المتوسط للبولي فينولات والفلافونويدات في ظروف تجربتنا. من جهة أخرى، تشير دراسات كل من *(Kokou et al., 2014)* و *(Dabire et al., 2011)*إلى أن هناك عوامل أخرى تؤثر على القدرة المضادة للأكسدة، ومنها: الظروف البيئية، وطرق الاستخلاص، والمرحلة الفسيولوجية للنبات، بالإضافة إلى ظروف التجفيف والتخزين. وفي حالتنا، يُعتقد أن معاملة المغنطة (المياه الممغنطة) أحدثت تغييرات إيجابية في المادة النباتية؛ مما أدى إلى تحسين قدرتها على تثبيط جذر *DPPH* ، مع بقاء تأثير العوامل الأخرى محتملاً.

الخاتمة

تبرز هذه المذكرة إلى أن القيمة الغذائية والاقتصادية والبيئية الكبيرة لنبات النخيل (نخلة التمر) تجعل منه محصولاً إستراتيجياً لا غنى عنه في المناطق الصحراوية وعلى مستوى العالم. لكن استمرار مشكلة الملوحة يمثل التحدي الأكبر الذي يهدد سلامة هذا النبات الاستثماري ومستويات إنتاج التمور؛ ومن خلال مراجعتنا للحلول المتاحة تبين أن الاعتماد على التقنيات الحديثة، وعلى رأسها مغنطة مياه الري كبديل فعال وتقنية صديقة للبيئة، قادرة على تخفيف أضرار الإجهاد الملحي ورفع كفاءة الإنتاج الزراعي في الواحات.

تعتبر مغنطة مياه الري من التقنيات الفيزيائية الحديثة التي أثبتت نجاحها في التخفيف من مشكلة الملوحة على محصول النخيل، وتعتمد هذه الطريقة على تمرير الماء تحت مجال مغناطيسي لتغيير بعض خصائصه الهيكلية، مما يسهل على الجذور امتصاصه والاحتفاظ به. وحسب الدراسات، فإن استخدام هذا الماء الممغنط ساهم بشكل ملحوظ في دعم نمو الفسائل والنخيل البالغ وزيادة قدرته على تحمل الملوحة المرتفعة للمياه الجوفية، وبالتالي الحصول على تمور ذات جودة عالية وإنتاجية أفضل.

زيادة على هذا، فإن مغنطة ماء الري تساعد بشكل كبير في اقتصاد مياه السقي وتقليل الهدر، ولهذا ننصح الفلاحين والمستثمرين في المناطق الصحراوية بتطبيقها كتقنية مستدامة لمواجهة ظاهرة التملح. إن تقنية مغنطة ماء الري تعتبر حلاً مبتكراً وفعالاً، فهي لا تقتصر فقط على تقليل أضرار الملوحة واقتصاد المياه، بل تؤثر بشكل مباشر على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات النخيل وثماره؛ حيث يعمل الماء الممغنط على تحسين امتصاص العناصر المعدنية الأساسية (مثل: النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم) من التربة وتعديل حموضة الخلايا، وفي نفس الوقت يحفز النخلة على زيادة إنتاج المركبات الفيتوكيميائية الدفاعية كالفينولات، الفلافونويدات، ومضادات الأكسدة. هذه التغيرات البيوكيميائية ترفع كفاءة التمثيل الضوئي وتمنح النخيل قدرة أكبر على مقاومة الإجهاد الأسموزي وتحسين الخصائص التكنولوجية للتمور.

ومن هنا نوصي بمواصلة الأبحاث وتعميقها لمعرفة تأثير الماء الممغنط على أنواع مختلفة من التربة الصحراوية (خاصة التربة الرملية) وعلى مختلف أصناف النخيل والأسمدة، بالإضافة إلى تجريب هذه التقنية وتقييمها مع مختلف نظم السقي الحديثة (مثل: السقي بالتقطير، الرش، أو السقي الموضعي تحت السطحي) لتحديد النظام الأكثر كفاءة وملاءمة لواحات النخيل.

وفي الختام، نخلص إلى أن مواجهة تحديات الملوحة وشح المياه في المناطق الجافة تتطلب تضافر الجهود واعتماد تقنيات متطورة مثل مغنطة مياه الري. فهذه التقنية لا تقتصر فقط على حل المشكلات الفيزيائية للتربة، بل تمتد لتؤثر إيجابياً على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات النخيل، حيث تُحسن

من حيويته وتحفز إنتاج مضادات الأكسدة والمركبات الفينولية لمقاومة ظروف الإجهاد الحادة. ونأمل أن تسهم نتائج بحثنا هذا في تقديم حلول علمية وعملية للمزارعين لزيادة إنتاجية النخيل في الظروف البيئية الصعبة، مما يدعم التنمية الزراعية المستدامة ويعزز الأمن الغذائي للبلاد.

قائمة المراجع

المراجع

[1] M. A. Al-Farsi* and C. Y. Lee, "Nutritional and functional properties of dates: a review," *Critical reviews in food science and nutrition,* vol. 48, pp. 877-887, 2008.

[2] F. AO, "World Food and Agriculture Statistical Yearbook," *FAO-Food\& Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy,* 2020.

[3] M. W. Yaish and P. P. Kumar, "Salt tolerance research in date palm tree (Phoenix dactylifera L.), past, present, and future perspectives," *Frontiers in plant science,* vol. 6, p. 348, 2015.

[4] U. Surendran, O. Sandeep, and E. Joseph, "The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics," *Agricultural water management,* vol. 178, pp. 21-29, 2016.

[5] M. Hozayn and A. A. Qados, "Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (Cicer arietinum L.)," 2010.

[6] B. Saletnik, A. Saletnik, E. Słysz, G. Zaguła, M. Bajcar, A. Puchalska-Sarna*, et al.*, "The static magnetic field regulates the structure, biochemical activity and gene expression of plants," *Molecules,* vol. 27, p. 5823, 2022.

[7] غيابة and زينب, "دراسة تحليلية للبيدات وفينولات ومكونات أخرى لبعض أصناف نخيل التمر المحلية," جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[8] البركي, ع. سعيد, الزربي, and ع. خلية, "دراسة الصفات الخضرية والتمرية لنخيل التمر," 2022.

[9] عزري and خضرة, "دراسة الليبيدات والفينولات في بعض أنواع التمر المحلي," جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[10] س. مزراق, ب. مهية, and رضوان, "التوصيف المظهري لأصناف نخيل التمر (Phoenix dactylifera L.) المزروع في واحات الزيبان، الجزائر," مجلة العلوم والتكنولوجيا, vol. 6, pp. 92-117, 2025.

[11] M. Djerbi, "Diseases of the date palm," *FAO regional project for palm and dates research centre in the Near East and North Africa,* vol. 106, 1983.

[12] J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, and D. V. Johnson, *Date palm genetic resources and utilization* vol. 1: Springer, 2015.

[13] I. Al Juboori, "سوسة النخيل الحمراء. الشكل الخارجي وأضرارها على أشجار النخيل," 2023.

[14] I. E. Hadrami and A. E. Hadrami, "Breeding date palm," in *Breeding plantation tree crops: tropical species*, ed: Springer, 2009, pp. 191-216.

[15] C. T. Chao and R. R. Krueger, "The date palm (Phoenix dactylifera L.): overview of biology, uses, and cultivation," *HortScience,* vol. 42, pp. 1077-1082, 2007.

[16] D. Johnson, "Introduction: date palm biotechnology from theory to practice," in *Date palm biotechnology*, ed: Springer, 2011, pp. 1-11.

[17] P. K. Vayalil, "Date fruits (Phoenix dactylifera Linn): an emerging medicinal food," *Critical reviews in food science and nutrition,* vol. 52, pp 249-271 ,2012.

[18] K. D. Alotaibi, H. A. Alharbi, M. W. Yaish, I. Ahmed, S. A. Alharbi, F. Alotaibi*, et al.*, "Date palm cultivation: A review of soil and environmental conditions and future challenges," *Land Degradation & Development,* vol. 34, pp. 2431-2444 ,2023.

[19] M. S. Baliga, B. R. V. Baliga, S. M. Kandathil, H. P. Bhat, and P. K. Vayalil, "A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (Phoenix dactylifera L.)," *Food research international,* vol. 44, pp. 1812-1822, 2011.

[20] J. Fernández-López, M. Viuda-Martos, E. Sayas-Barberá, C. Navarro-Rodríguez de Vera, and J. Á. Pérez-Álvarez, "Biological, nutritive, functional and healthy potential of date palm fruit (Phoenix dactylifera L.): Current research and future prospects," *Agronomy,* vol. 12, p. 876, 2022.

[21] M. Jonoobi, M. Shafie, Y. Shirmohammadli, A. Ashori, H. Z. Hosseinabadi, and T. Mekonnen, "A review on date palm tree: Properties, characterization and its potential applications," *Journal of renewable materials,* vol. 7, pp 1055-1075 ,2019.

[22] S. K. Abdullah, L. Lorca, and H. Jansson, "Diseases of date palms (Phoenix dactylifera L.)," *Basrah Journal for Date Palm Researches,* vol. 9, pp. 1-44, 2010.

[23] the Earth, "Management A. Mvungi, D. Mashauri, N. J. P. Madulu, and P. A. B. C. Chemistry of of water for irrigation agriculture in semi-arid areas: Problems and prospects," vol. 30, pp. 809-817, 2005.

[24] S. Yoshikawa, J. Cho, H. Yamada, N. Hanasaki, S. J. H. Kanae, and E. S. Sciences, "An assessment of global net irrigation water requirements from various water supply sources to sustain irrigation: rivers and reservoirs (1960–2050)," vol. 18, pp. 4289-4310, 2014.

[25] ع. الوهاب and ش. J. م. إ. ا. والأعمال, "ادارة الطلب على المياه وفق مؤشرات الكفاءة الاستخدامية لمياه الري," vol. 3, pp. 191-210, 2018.

[26] Z. Rachid, "Groundwater in Southern Algeria Provinces: Challenges and Strategies," in *Groundwater in developing countries: Case studies from MENA, Asia and West Africa*, ed: Springer, 2025, pp. 179-215.

[27] Houda, M. Ahmed, R. Hadji, and K. J. A. J. o. G. Ncibi, "North Western Sahara .Y. Hamed, B aquifer system hydrothermal and petroleum reservoirs dynamics: a comprehensive overview," vol. 16, p. 247, 2023.

[28] A. Divya and V. Joji, *Ground Water Abstraction Structures*: Springer, 2023.

[29] S. Al-Gamal, "Recharge mechanism to North-Western Sahara Aquifer System (NWSAS) using environmental isotopes," in *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 2010, p. 12668.

[30] A. Guendouz, A. Moulla, B. Remini, and J. J. H. J. Michelot, "Hydrochemical and isotopic behaviour of a Saharan phreatic aquifer suffering severe natural and anthropic constraints (case of Oued-Souf region, Algeria)," vol. 14, pp. 955-968, 2006.

[31] Q. i. Ouarezki, "Updated .A. Moulla, A. Guendouz, M.-H. Cherchali, Z. Chaid, and S. J geochemical and isotopic data from the Continental Intercalaire aquifer in the Great Occidental Erg sub-basin (south-western Algeria)," vol. 257, pp. 64-73, 2012.

[32] K. J. A. g. Zouari, "Groundwater W. Edmunds, A. Guendouz, A. Mamou, A. Moulla, P. Shand, and evolution in the Continental Intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: trace element and isotopic indicators," vol. 18, pp. 805-822, 2003.

[33] H. Mezouane, D. Hank, and R. J. T. O. A. J. Delli, "Agricultural Water Management under Water Scarcity in Algeria: Practices and Future Perspectives," vol. 20, 2026.

[34] O. Adeaga, S. J. H. o. w. h. Eslamian, c. c. studies, and a. examples, "Assessment of Freshwater and Conservation in A frica," pp. 119-139, 2021.

[35] S. Belghemmaz, M. Fenni, C. Chomontowski, Y. Louadj, M. G. Afrasinei, N. J. J. o. W. Degui, *et al.*, "Typology characterisation and monitoring of arid soils in an agroecosystem environment: Case of Ziban oasis, Algeria," pp. 213-226-213-226, 2024.

[36] Naceur, "Caractérisation hydro chimiques des eaux de la nappe libre dans la région d'Oued .Z Righ".

[37] .H. Aksoy, "Surface water," in *Water resources of Turkey*, ed: Springer, 2019, pp. 127-158.

[38] N. Khatri and S. J. F. i. l. s. Tyagi, "Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas," vol. 8, pp. 23-39, 2015.

[39] ب. سديرة, إلياس, سماعلي, and ع. I .J. إ. R. a. d. a. e. d. s. sociales, "التوسّع العمراني وتحدّيات الاستدامة وحماية الأوساط الطبيعية الهشّة في حوض واد بوسلام خلال الفترة 1997-2018 م," 2025, pp. 13-47.

[40] A. Ouamane, I. Sekkour, and B. Athmani, "Mobilisation des eaux de surface: Commentaires généraux sur les barrages en Algérie dans le passé, le présent et le futur Surface water mobilization: General comments on dams in Algeria in the past, present and future".

[41] S. C. Jhansi and S. K. J. C. Mishra, "Wastewater treatment and reuse: sustainability options," pp. 1-15, 2013.

[42] status of the West Algerian coastal waters F. Kies, "Contribution to the study of the ecological within the Water Framework Directive (WFD)," 2018.

[43] A. Bendida, M. A. Kendouci, S. Mebarki, and A. E.-B. J. A. W. S. Tidjani, "Wastewater purification and recycling using plants in an arid environment for agricultural purposes: case of the Algerian Sahara," vol. 14, p. 123, 2024.

[44] K. K. Kesari, R. Soni, Q. M. S. Jamal, P. Tripathi, J. A. Lal, N. K. Jha, *et al.*, "Wastewater treatment and reuse: a review of its applications and health implications," vol. 23, 2and 2021, p. 208.

[45] R. Chandra, V. Kumar, and K. Singh, "Hyperaccumulator versus nonhyperaccumulator plants for environmental waste management," in *Phytoremediation of environmental pollutants*, ed: .CRC Press, 2017, pp. 43-80

[46] Moss, R. Rowswell, A. Mpofu, and P. J. W. R. C. Welz, Cape Town, "Water -C. Swartz, C. Jackson .and wastewater management in the tanning and leather finishing industry: Natsurv 10," 2017

[47] the magnetic I. V. Vaskina, I. O. Roi, L. D. Pliatsuk, R. A. Vaskin, and O. M. Yakhnenko, "Study of .water treatment mechanism," 2020

[48] P. J. J. P. p. Kramer, "Root resistance as a cause of decreased water absorption by plants at low .temperatures," vol. 15, p. 63, 1940

[49] on Seedling Quality Parameters T. Zamljen and A. J. H. Slatnar, "Impact of Water Temperature in Lactuca sativa L., Solanum lycopersicum L., and Brassica oleracea var. gongylodes L," vol. 10, .p. 1273, 2024

[50] م. رحيل, ع. ب. عودة, ب. بشناق, and م. ن. ل. م. ج. ف. ا. للأبحاث, " The Impact of Heating Irrigation Water on Growth and Development of Cucumber Plants Cultivated in Winter Season," vol. 10, pp. 11-.24, 2022

[51] A. A. Al-Ogaidi, A. Wayayok, M. Rowshon, and A. F. J. A. W. M. Abdullah, "The influence of magnetized water on soil water dynamics under drip irrigation systems," vol. 180, pp. 70-77, .2017

[52] J. A. Tindall, H. Mills, and D. J. J. o. P. N. Radcliffe, "The effect of root zone temperature on .nutrient uptake of tomato," vol. 13, pp. 939-956, 1990

[53] E. J. Yafuso and P. R. J. H. Fisher, "Oxygenation of irrigation water during propagation and .container production of bedding plants," vol. 52, pp. 1608-1614, 2017

[54] Z. Ouyang, J. Tian, X. Yan, and H. J. A. w. m. Shen, "Effects of different concentrations of dissolved oxygen or temperatures on the growth, photosynthesis, yield and quality of lettuce," .vol. 228, p. 105896, 2020

[55] N. Li, Y. Kang, X. Li, S. Wan, C. Zhang, and X. J. I. S. Wang, "Lateral flushing with fresh water .pp. 627-635, 2019 ,7reduced emitter clogging in drip irrigation with treated effluent," vol. 3

[56] U. Surendran, O. Sandeep, and E. J. A. w. m. Joseph, "The impacts of magnetic treatment of .irrigation water on plant, water and soil characteristics," vol. 178, pp. 21-29, 2016

[57] J. G. P. Arslan, "Interaction effect of water .M. Alsuvaid, Y. Demir, M. S. Kiremit, and H magnetization and water salinity on yield, water productivity and morpho-physiological of .balkız bean (Phaseolus vulgaris)," vol. 74, pp. 259-274, 2022

[58] B. A. Worden, "An Assessment of the Greatest Impacts on Distribution Uniformity for Drip and .Micro Irrigation," California Polytechnic State University, 2018

[59] M. Hashem and X. Qi, "Treated Wastewater Irrigation—A Review. Water 2021, 13, 1527," ed: .s Note: MDPI stays neu-tral with regard to jurisdictional claims in …, 2021

[60] D. J. d. S. Pereira, "Obstrução de gotejadores por interações entre carbonato de cálcio e .partículas sólidas: laboratório e campo," Universidade de São Paulo, 2022

[61] Vishwakarma, and S. J. W. R. Heddam, .G. Kishore, R. K. Singh, C. Saxena, N. Al-Ansari, D. K "Magnetic treatment of irrigation water and its effect on French bean (Phaseolus vulgaris)," .vol. 13, pp. 545-558, 2023

[62] N. Fakhri, H. Y. Mehdaoui, N. Elloumi, and M. Kallel, "Magnetic treatment effects on salt water and tomato plants growth," in *Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration*, .2017, pp. 1095-1097

[63] H. Bouras, R. Choukr-Allah, Y. Amouaouch, A. Bouaziz, K. P. Devkota, A. El Mouttaqi*, et al.*, "How does quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) respond to phosphorus fertilization and .irrigation water salinity?," vol. 11, p. 216, 2022

[64] A. E. Abdelghany, A. I. Abdo, M. G. Alashram, K. M. Eltohamy, J. Li, Y. Xiang*, et al.*, "Magnetized .saline water irrigation enhances soil chemical and physical properties," vol. 14, p. 4048, 2022

[65] M. Metanat, H. Banejad, M. Goldani, M. J. W. Gholizadeh, and I. Management, "Effect of Magnetized Water and Priming on Yield of Morphological Traits of Plant Radish under Drought .2020 ,Stress," vol. 10, pp. 75-87

[66] E. M. Niel, M. I. Mohaseb, K. S. Abdo, and S. M. J. A. J. o. A. S. Abdelaziz, "Effect of Different Rates and Sources of Silicate Fertilizers on Soil Fertility, Sugar Beet Productivity and Quality Grown on Saline Soil," pp. 142-156, 2025.

[67] S. Ayers and D. W. Westcot, *Water quality for agriculture* vol. 29: Food and agriculture R. organization of the United Nations Rome, 1985.

[68] D. L. Suarez, J. D. Wood, and S. M. J. A. w. m. Lesch, "Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain–irrigation management system," vol. 86, pp. 150-164, 2006.

[69] I. Shainberg and J. J. H. Letey, "Response of soils to sodic and saline conditions," vol. 52, pp. 1-57, 1984.

[70] E. J. A. s. a. Maas and m. manual, "Crop salt tolerance," pp. 262-304, 1990.

[71] P. J. White and M. R. J. A. o. b. Broadley, "Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review," vol. 88, pp. 967-988, 2001.

[72] S. Grattan and C. J. S. h. Grieve, "Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops," vol. 78, pp. 127-157, 1998.

[73] R. S. Ayers and D. Westcot, "Water quality for agriculture," 1976.

[74] R. Chhabra, "Irrigation water: Quality criteria," in *Salt-affected soils and marginal waters: global perspectives and sustainable management*, ed: Springer, 2022, pp. 431-486.

[75] D. J. S. S. S. o. A. J. Suarez, "Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters," vol. 45, pp. 469-475, 1981.

[76] TOXICITY AND ACCUMULATION OF CHLORIDE AND," vol. 64, p. 357, " ,F. M. J. J. o. A. R. Eaton, 1942.

[77] L. A. Richards, *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*: US Government Printing Office, 1954.

[78] Pavlov, and A. Sciences, "Critical A. V. Zhulidov, V. V. Khlobystov, R. D. Robarts, D. F. J. C. J. o. F analysis of water quality monitoring in the Russian Federation and former Soviet Union," vol. 57, pp. 1932-1939, 2000.

[79] ,A. V. Zhulidov, R. D. Robarts, R. M. Holmes, B. J. Peterson, J. Kämäri, J. J. Meriläinen*, et al* Water quality monitoring in the former Soviet Union and the Russian Federation: Assessment " of analytical methods," 2003.

[80] V. K. Kishore, C. Spitzer, and R. J. A. a. S. Menon, "Enhancing Farmers' Productivity and Farmers' Livelihood for Food Security: Findings from 8 Social Impact Studies Across Asia and Africa".

[81] B. Maghzian, S. Eslamian, K. Ostad-Ali-Askari, T. C. Crusberg, V. P. Singh, N. R. J. I. J. o. E. E. R. Dalezios*, et al.*, "Twice Averaged Over Light Kennel Stream with Slight Comparative Plunging: Review Study," vol. 6, pp. 1-26, 2018.

[82] L. Bortolini, C. Maucieri, and M. J. A. Borin, "A tool for the evaluation of irrigation water quality in the arid and semi-arid regions," vol. 8, p. 23, 2018.

[83] G. A. Cappelli, P. Peroni, W. Zegada-Lizarazu, and A. J. A. a. S. Monti, "Regional-scale modelling of Miscanthus phytomanagement with biostimulant application on Ni contaminated and geogenic-enriched marginal lands under climate change scenario".

[84] A. J. J. o. S. S. Mohamed, and A. Engineering, "Improving Wheat G. F. El-Sheref, S. T. El-Sherif, G Productivity and Soil Properties by Using Compost and Potassium under Water Stress Conditions," vol. 15, pp. 331-341, 2024.

[85] P. J. F. P. B. Rengasamy, "Soil processes affecting crop production in salt-affected soils," vol. 37, pp. 613-620, 2010.

[86] P. Shrivastava and R. J. S. j. o. b. s. Kumar, "Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation," vol. 22, pp. 123-131, 2015.

[87] E. A. J. J. o. p. p. Ibrahim, "Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds," vol. 192, pp. 38-46, 2016.

[88] M. P. Apse and E. J. F. l. Blumwald, "Na+ transport in plants," vol. 581, pp. 2247-2254, 2007.

[89] A. Nawaz, C. Chen, Q. Zhang, Z. Zheng, H. Sohail*, et al.*, "Boron: functions and F. Shireen, M approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture," vol. 19, p. 1856, 2018.

[90] Eshkabilov, *et al.*, "Agricultural .C. C. Obijianya, E. Yakamercan, M. Karimi, S. Veluru, I. Simko, S .irrigation using treated wastewater: Challenges and opportunities," vol. 17, p. 2083, 2025

[91] .M. S. Hashem and X. J. W. Qi, "Treated wastewater irrigation—A review," vol. 13, p. 1527, 2021

[92] and J. Haider, *Photocatalytic dye degradation using green polymer-based* ,M. Ikram, M. A. Bari *.nanostructures: principles and applications in wastewater treatment*: IOP Publishing, 2023

[93] V. K. Gupta, I. Ali, T. A. Saleh, A. Nayak, and S. J. R. a. Agarwal, "Chemical treatment .technologies for waste-water recycling—an overview," vol. 2, pp. 6380-6388, 2012

[94] A. ALVER, E. J. S. I. A. S. T. BAŞTÜRK, and G. TRANSFORMATION, "WATER QUALITY INDICES IN p. ",AGRICULTURAL IRRIGATION: APPROACHES, APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES .63, 2025

[95] ت. م. الباقرمي, ع. ع. ا. الهين, ع. ا. م. أعمر, and م. ع. ا. ا. J. م. ش. إ. ل. العلمي, "التقييم البكتيريولوجي لمياه العيون الطبيعية في منطقة الجبل الأخضر-ليبيا: دراسة ميدانية للمؤشرات الحيوية للتلوث البرازي وصلاحيتها للاستهلاك البشري," .pp 332-327 ,2026

[96] Y. Abebe, M. Gashaw, A. Kefale, and T. J. W. R. Brewer, "Wastewater governance in the upstream catchment of the Awash Basin, Ethiopia: challenges and opportunities for better .accountability," vol. 13, pp. 571-590, 2023

[97] E. Alattar, E. Radwan, and K. J. A. B. Elwasife, "Improvement in growth of plants under the .effect of magnetized water," vol. 9, pp. 346-387, 2022

[98] O. Mosin, I. J. J. o. M. Ignatov, Physiology, and Biophysics, "Magnetic water treatment for .elimination scaling salts," vol. 11, pp. 86-100, 2015

[99] A. V. Korzhakov, S. V. Oskin, and S. A. Korzhakova, "Acoustic and magnetic treatment process automatization in hydroponic solution preparation system," in *2019 International Russian .Automation Conference (RusAutoCon)*, 2019, pp. 1-5

[100] G. Kishore, R. K. Singh, C. Saxena, Y. A. Rajwade, K. Singh, and B. Babu, "Magnetic Treatment ".of Irrigation Water and its Influence on Radish (Raphanus sativus) crop: A Green Technology

[101] Ali, H. S. Eldesouky, M. Bonfill, M. T. El-Saadony, *et al.*, .D. A.-F. H. Selim[1], M. Zayed, M. M "Germination, physio-anatomical behavior, and productivity of wheat plants irrigated with," p. .136, 2023

[102] pp. 71-74, ,09J. Coey, S. J. J. o. M. Cass, and M. materials, "Magnetic water treatment," vol. 2 .2000

[103] M. Sarraf, S. Kataria, H. Taimourya, L. O. Santos, R. D. Menegatti, M. Jain, *et al.*, "Magnetic field .(MF) applications in plants: An overview," vol. 9, p. 1139, 2020

[104] Water for Irrigation: A Review on its Effects S. J. I. J. o. S. Agcaoili and Technology, "Magnetized .on Crop Growth, Soil Properties and Water Use Efficiency," vol. 18, pp. 3807-3821, 2025

[105] B. Mostafazadeh-Fard, M. Khoshravesh, S.-F. Mousavi, A.-R. J. J. o. i. Kiani, and d. engineering, "Effects of magnetized water and irrigation water salinity on soil moisture distribution in trickle .irrigation," vol. 137, pp. 398-402, 2011

[106] S. Martínez Moya and N. J. W. Boluda Botella, "Review of techniques to reduce and prevent carbonate scale. Prospecting in water treatment by magnetism and electromagnetism," vol. .13, p. 2365, 2021

[107] A. Misra, N. Losada-García, L. C. Gomes, S. T. Kalajahi, M. Malefioudaki, C. Ortega-Nieto, *et al.*, *Corrosion*, ed: "Methods in MIC Mitigation and Prevention," in *Microbiologically Influenced* .CRC Press, 2026, pp. 141-193

[108] B. L. Maheshwari and H. S. J. A. w. m. Grewal, "Magnetic treatment of irrigation water: Its .effects on vegetable crop yield and water productivity," vol. 96, pp. 1229-1236, 2009

[109] Ghernaout and A. Sciences, "Magnetic field generation in the water treatment .D. J. I. J. o. A .perspectives: An overview," vol. 5, pp. 193-203, 2018

[110] H. El Sayed and A. J. A. j. o. e. a. El Sayed, "Impact of magnetic water irrigation for improve the composition and yield production of broad bean (Vicia faba L.) plant," vol. 4, growth, chemical .pp. 476-496, 2014

[111] A. Othman, J. Sohaili, N. S. J. P. J. o. S. Supian, and Technology, "A Review: Methodologies Review of Magnetic Water Treatment As Green Approach of Water Pipeline System," vol. 27, 2019.

[112] M. Khoshravesh and M. J. A. W. S. Pourgholam-Amiji, "The effect of irrigation with magnetized wastewater on soil heavy metals, water productivity and heavy metals in aerial parts and grains of maize," vol. 14, p. 182, 2024.

[113] R. A. Barrett and S. A. J. W. R. Parsons, "The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation," vol. 32, pp. 609-612, 1998.

[114] I. Otsuka and S. J. T. J. o. P. C. B. Ozeki, "Does magnetic treatment of water change its properties?," vol. 110, pp. 1509-1512, 2006.

[115] H. R. J. N. Y. S. J. Moussa, "The impact of magnetic water application for improving common bean (Phaseolus vulgaris L.) production," vol. 4, pp. 15-20, 2011.

[116] Mousavi, A. J. S. u. Kiani, and management, "Effects .M. Khoshravesh, B. Mostafazadeh-Fard, S of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation," vol. 27, pp. 515-522, 2011.

[117] and m. materials, "The influence of the ,S. Kobe, G. Dražić, P. McGuiness, J. J. J. o. m. Stražišar magnetic field on the crystallisation form of calcium carbonate and the testing of a magnetic water-treatment device," vol. 236, pp. 71-76, 2001.

[118] pH and electrical conductivity: T. Wu and J. A. J. E. E. S. Brant, "Magnetic field effects on Implications for water and wastewater treatment," vol. 37, pp. 717-727, 2020.

[119] A. H. Hamza, M. Shreif, M. M. Abd El-Azeim, and W. A. J. J. o. M. R. Mohamed, "Impacts of Magnetic Field Treatment on Water Quality for Irrigation, Soil Properties and Maize Yield," vol. 3, pp. 51-61, 2021.

[120] M. Hozayn, M. Nowar, H. K. Koheal, and A. J. E. J. o. A. EL-Mahdy, "Mitigation salinity water stress using magnetic technology and humic acid on productivity of Barley (Hordeum vulgare L.) growing in Maghrah region," vol. 47, pp. 717-730, 2025.

[121] M. Bouhlel, K. Khaskhoussy, and M. J. W. Hachicha, "Improvement of salt leaching efficiency and water content of soil through irrigation with electro-magnetized saline water," vol. 16, p. 3010, 2024.

[122] أ. م. د. س. ك. م. أمين and م. م. ع. ف. ق. ا. ل. م. د. ل. الانسانية, "أثر التقنية المغناطيسية في نسبة انبات ونمو نبات الزينيا Zinnia elegans," vol. 1, 2009.

[123] M. B. Hafeez, N. Zahra, N. Ahmad, Z. Shi, A. Raza, X. Wang, *et al.*, "Growth, physiological, biochemical and molecular changes in plants induced by magnetic fields: A review," vol. 25, pp. 8-23, 2023.

[124] E. A.-E. J. E. J. o. A. Youssef, "Advancements in magnetized water technology: Enhancing crop yields, drought tolerance and Environmental Sustainability: A Review," vol. 47, pp. 655-662, 2025.

[125] M. Hozayn, A. El-Monem, T. Elwia, and M. El-Shatar, "Future of magnetic agriculture in arid and semi arid regions (case study)," 2014.

[126] J. T. da Silva and J. J. E. E. B. Dobránszki, "Impact of magnetic water on plant growth," vol. 12, pp. 137-142, 2014.

[127] G. Zhao, B. Zhou, Y. Mu, Y. Wang, Y. Liu, and L. J. A. Wang, "Irrigation with activated water promotes root growth and improves water use of winter wheat," vol. 11, p. 2459, 2021.

[128] V. J. A. r. Goyal, "Promoting Sustainable Agriculture: Approaches for Mitigating Soil Salinity Challenges: A ReviewPromoting Sustainable Agriculture: Approaches for Mitigating Soil Salinity Challenges: A Review," 2024.

[129] مرسي, أ. ماجد, عزت, ف. ع. العزيز, برانية, ا. ع. الوهاب, *et al.*, "تقييم الأثار الاقتصادية والبيئية لمشروعات الاستزراع السمكي في مصر لمنع وتقليل الاثار السلبية على البيئة المحيطة," vol. 50, pp. 127-152, 2021.

[130] وزارة المالية، المديرية العامة للميزانية، ولاية الوادي. (2026).

[131] Direction des Travaux Publics d'El Oued. (n.d.). Page web. Retrieved May 13, 2026, from

[131] إسماعيل، & الشربيني أحمد أحمد علي. (2019). تقييم خصائص التربة في محافظة البحيرة-دراسة جغرافية. المجلة العربية للدراسات الجغرافية, 2(2) , 111-162.

[132] لأزهر الضيف: البيئة والمجتمع، دراسة تحليلية للصحة والمرض بمنطقة وادي سوف، منشورات مكتبة اقرأ، قسنطينة ,2010

[133] لجيلاني، غمام عمارة. (2016). دراسة تأثير الأسمدة العضوية والنتروجين على إنتاجية البطاطا بوادي سوف. أطروحة دكتوراه، جامعة قسنطينة.

[134] Simozrag, A., Chala, A., & Djaalab, H. (2016). Morphological and phenotypic characterization of some Algerian date palm cultivars (Phoenix dactylifera L.). Journal of Bio-Resource Valuations, 1(2), pp. 85-94.

[135] بربح محمد الحافظ، (2017)، الإنضاج الاصطناعي للتمور عن طريق المعالجة بالبخار . تأثيرات انتقال الحرارة والكتلة على جودة الثمار . رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة. (بحث غير منشورة)

[136] DIRECTION DE LA FERME « DHAOUIA », 2014 - Fiche technique – secteur oléicole. 4p

[137] Google Maps. (2026). 33°20'40.5"N 6°47'57.4"E [خريطة]. Google.

[138] Lalitha, M., & Dhakshinamoorthy, M. (2014). Forms of soil potassium – A review. Agri Reviews, 35(1), 64–68.

[139] (Rhodes, 1981; Samouëlian et al., 2005).

[140] الجامعة الخضراء . (2022). الكلور وصحة النبات (Chlorine and Plant Health). كلية الزراعة.

[141] تقرير الأمانة الولائية للمجاهدين بالوادي في الملتقى الوطني الغول حول المعارك الكبرى بالولاية التاريخية الأولى بائنة. 7 22/21 مارس 2000، ص

[142] بوسكاية، ف.، ومعتوقي، ف. (2025). نظام السقي في وادي سوف ومواد وادي: دراسة ميدانية 1854–2000م مذكرة ماستر ، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

[143] الهادي درواز ، الولاية السادسة التاريخية – تنظيم ووقائع (1954–1962)، ص 50

[144] التشريف محمد لمين ، زهير صيفي انعكاسات ظاهرة صعود المياه الى السطح على البيئة الحضرية في مدينة وادي سوف ، مذكرة للنيل شهادة الماستر ، كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعية ، جامعة محمد خيضر ، بسكرة ، 2022، ص 11

[145]] Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). Beneficial elements. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 191-248.

[146]] Marschner, P. (Ed.). (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.

[147]] Wege, S., Gilliham, M., & Henderson, S. W. (2017). Chloride: From nutrient to toxicant. Plant and Cell Physiology, 58(2), 212-222.

[148] Roelfsema, M. R., & Hedrich, R. (2005). In the light of stomatal opening: new insights into 'the stomatal movement'. New Phytologist, 167(3), 665-691.

[149] Raven, J. A. (2020). Chloride functioning in vacuolar and cytoplasmic space. Journal of Experimental Botany, 71(14), 3925-3934.

[150] Allakhverdiev, S. I., Tomo, T., Shimada, Y., Kindo, M., Nagao, R., Klimov, V. V., &

Shen, J. R. (2013). Redox active inorganic ions in the photosynthetic oxygen-evolving complex. Photosynthesis Research, 116, 221-236.

[151] النعيمي، سعد الله نجم. (2023). مبادئ علم التربة وتغذية النبات. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

[152] De Boodt, M. F. (1995). Models of particle aggregation and their usefulness. International agrophysics, 9(1).

[153] Getahun, G. T., Etana, A., Munkholm, L. J., & Kirchmann, H. (2021). Liming with CaCO3 or CaO affects aggregate stability and dissolved reactive phosphorus in a heavy clay subsoil. Soil and Tillage Research, 214, 105162.

[154] Briat, J. F., Dubos, C., & Gaymard, F. (2015). Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. Trends in plant science, 20(1), 33-40.

[155] Colombo, C., Palumbo, G., He, J. Z., Pinton, R., & Cesco, S. (2014). Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes. Journal of soils and sediments, 14(3), 538-548.

[156] Gerendás, J., & Führs, H. (2013). The significance of magnesium for crop quality. Plant and Soil, 368(1), 101-128.

[157]] Cakmak, I., & Kirkby, E. A. (2008). Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. Physiologia plantarum, 133(4), 692-704.

[158] JONES J., 2001- Laboratory guide for conducting soils test and plant analysis. CRC Press , Boca Raton Florida ,USA, P 382.

[159] . MARX E., 1999-Soil Test Interpretation Guide . Oregon State University, USA , p 1478

[160] DUBOIS M . K ., GILLES K . A., HAMILTON J . K., REBERS P . A ., Smith F., 1956 - Colorimetric . method for determination of sugars and related substances. Anal.chem . 28:350-356

[161] GOLDSWORTHY A . C., MORDUE W., GUTHKELCH J., 1972 - Studies on insect adipokinetic hormone.Gen. Comp. Endocrinol . 18: 306-314.

[162] KHWAIRAKPAM B ., BALWINDER S., 2012- Effect of cooking methods on the nutritional composition and antioxidant activity of potato tubers .international journal of food and nutritional sciences , Ludhiana , p6

[163] MATKOWSKI A ., PIOTROWSKA P., 2006- Antioxidant and free radical scavenging activities of . some medicinal plants from the Lamiaceae. Fitoterapia. 77: 346-353

[164] SHIBKO S., KOIVISTOINEN P., TRATYNECK C., HALL N., FEIDMAN L ., 1966 - A method for the

[165] sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction . Analyt. Biochem . 19: 415-528.

[166] WOISKY R ., SALATINO A ., 1998-Analysis of propolis : some parameters and procedures for . chemical quality control . J Apic Rse. 37: 99-105

AMIRA K ., 2013 - Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires et l'effet d'un régulateur de croissance, RH-0345 sur le développement et la reproduction de Culex pipiens. Thèse de Doctorat, Université Annaba, Algérie, p75. [168]

BELDI H ., 2007- Etude de gambusia affinis (poisson, téléostéen) et donax trunculus (mollusque, pélécypode) : écologie, physiologie et impacts de quelques. Thèse de Doctorat, Université Annaba, Algérie, p86. [169]

SINGLETON V. L ., ROSSSI J. A ., 1965 - Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic -phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic . 16:144-158 [170]

AMIRA K 2013 Caractérisation des hydrocarbures cuticulaires et l'effet d'un régulateur de croissance, RH-0345 sur le développement et la reproduction de Culex pipiens. Thèse de Doctorat, Université Annaba, Algérie, p75 [171]

Hilal, M. H., and Hilal, M. M. (2000). Application of magnetic technologies in agriculture: I. Effect of magnetic treatment of water and seeds on germination and early growth of some crop plants. Egyptian Journal of Soil Science 40, 413–422. [172]

Khoshravesh, M., Mostafazadeh-Fard, B., Mousavi, S. F., and Kiani, A. R. (2011). Effects of magnetized water on soil salinity profiles under trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 137, 698–705. [173]

Maheshwari, B. L., and Grewal, H. S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. Agricultural Water Management 96, 1229–1236. [174]

Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S. F., and Kiani, A. R. (2012). Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 138, 1075–1081. [175]

Surendran, U., Sandeep, O., and Joseph, E. J. (2016). The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. Agricultural Water Management 178, 21–29.. [176]

[177] الموصلي، علي حسين، العبيدي، أحمد، وخليل، إبراهيم. (2009). تأثير تقنية مغنطة المياه في الصفات الفيزيائية والكيميائية للماء وإنتاجية المحاصيل الزراعية. المجلة العراقية للعلوم الزراعية 40، 45–58.

Aliverdi, A., and Karami, A. (2021). Effects of magnetically treated water on physicochemical properties of water and its subsequent influence on plant growth and nutrient uptake. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 21, 2134–2145. [178]

Hadi, A. H. (2020). Influence of magnetic water irrigation on growth, physiological traits, and salt tolerance of date palm (Phoenix dactylifera L.) offshoots. International Journal of Fruit Science 20, S120-S135. [179]

Krid, F. (2022). Evaluation of water and salt stress tolerance in Algerian date palm (Phoenix dactylifera L. cv. Deglet Nour) during flowering and fruit setting stages. African Journal of Agricultural Research 18, 289–301. [180]

Zhang, Y., Zhang, B., and Wang, X. (2005). Molecular dynamics simulation of the effects of magnetic fields on water structure and viscosity. The Journal of Chemical Physics 123, 144501.. [181]

[182] الموصلي، علي. (2009). تكنولوجيا مغنطة المياه وتطبيقاتها العلمية والعملية في المنظومات البيئية والزراعية. مجلة زراعة الرافدين 37، 112-125.

[183] Al-Hilal, M., and Hilal, A. (2012). Effect of magnetic treatment on the physico-chemical properties of water and its dynamic equilibrium of bicarbonate-carbon dioxide. Journal of Water Resource and Protection 4, 940-947. https://doi.org/10.4236/jwarp.2012.411110

[184] Chibowski, E., and Szcześ, A. (2018). Magnetic water treatment—A review of the latest approaches. Chemosphere 203, 54-67. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.160

[185] Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S. F., and Kiani, A. R. (2012). Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 138, 1075-1081.

[186] Pang, X. F., and Deng, B. (2008). Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy 51, 1621–1632.

[187] Teixeira da Silva, J. A., and Dobránszki, J. (2014). Impact of magnetic water on plant growth. Environmental and Experimental Biology 12, 137–142.

[188] Hilal, M. H., and Hilal, M. M. (2011). Effect of magnetic water on buffering capacity, various clay type's solubility, and nutrients extraction. Egyptian Journal of Soil Science 51, 87–100.

[189] Hilal, M. H., and Hilal, M. M. (2000). Application of magnetic technologies in agriculture: I. Effect of magnetic treatment of irrigation water on salt accumulation in soil and on growth and yield of some crops. Egyptian Journal of Soil Science 40, 413–422.

[190] Yusuf, M., and Rahman, A. (2019). Application of magnetic water in agriculture: A review on fruit quality and ion accumulation. Journal of Plant Nutrition 42, 2154–2165.

[191] Hozayn, M., and Qados, A. M. S. A. (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (Cicer arietinum L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1, 671–676.

[192] Hamza, M. A. (2019). Effect of magnetic water on the electrical conductivity (EC) and mineral composition of date palm fruits (Phoenix dactylifera L.). Journal of Agricultural and Environmental Sciences 18, 214–225.

[193] Hilal, M. H., and Hilal, M. M. (2000). Application of magnetic technologies in detaching salts and improving plant nutrient uptake under saline conditions. Egyptian Journal of Soil Science 40, 115–128.

[194] Hozayn, M., and Qados, A. M. S. (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituents and yield of chickpea (Cicer arietinum L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1, 671–688.

[195] Teixeira da Silva, J. A., and Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: Dynamic tools for biochemical and physiological responses in plant tissue culture and agriculture. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 7, 188–197.

[196] Teixeira da Silva, J. A., and Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: how is plant growth and development impacted?. Protoplasma 253, 231–248.

[197] تواتي، حمد العروسي، وعبيد، أحمد. (2021). دراسة تأثير مياه الري الممغنطة على الخصائص الظاهرية والإنتاجية لمحصول البطيخ الأحمر في منطقة الوادي. مذكرة ماستر، قسم الفلاحة، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي، الجزائر.

[198] Alavi, S. A., Mohammadi Ghehsareh, A., Soleymani, A., and Panahpour, E. (2021). Enhanced nutrient uptake in salt-stressed Mentha piperita using magnetically treated water. Journal of Plant Nutrition 44, 1125–1138.

[205] Ataya, A. S., El-Kosary, S., and Ahmed, M. A. (2023). Effect of magnetically treated irrigation water on growth, chemical composition, and yield of date palm (Phoenix dactylifera L.). Egyptian Journal of Horticulture 50, 145–158.

[206] Fatehi, F., Ghorbanli, M., and Marashi, K. (2020). Metabolic shifts and lipid profile alterations in soybean plants under magnetic water irrigation. Journal of Plant Physiology and Breeding 10, 45–56.

[207] Hasan, M. M., Al-Khazan, M., and El-Metwally, I. M. (2018). Mitigating oxidative stress and maintaining membrane integrity in plants irrigated with magnetized water. International Journal of Agronomy 2018, Article ID 4589120, 1–11.

[208] Islam, M. S., Takahashi, M., and Matsuura, H. (2020). Magnetic field effects on metabolic pathways and lipid accumulation in Arabidopsis thaliana. Plant Signaling & Behavior 15, e1723340.

[209] Kayani, S., and Jin, X. (2023). Electromagnetic fields activate glycolytic enzymes and fatty acid synthase gene expression in plant cells. Frontiers in Plant Science 14, Article 1102943, 1–14.

[210] Novitskii, I. A. (2014). Stimulation of lipid synthesis and changes in polar lipids, glycolipids, and phospholipids under magnetically treated water. Russian Journal of Plant Physiology 61, 384–392.

[211] Novitskii, I. A., Serdyukov, Y. A., and Borisova, G. G. (2010). Effect of magnetic water on erucic acid content and physiological traits in radish plants. Biophysics 55, 621–627.

[212] Zarei, M., Mohammadi, A., and Ghehsareh, A. M. (2023). Changes in water molecular structure and ionic mobility under magnetic treatment and its impact on membrane permeability and nutrient uptake. Water and Environment Journal 37, 89–101.

[213] Hozayn, M., and Qados, A. M. S. (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituents and yield of chickpea (Cicer arietinum L.). Agriculture and Biology Journal of North America 1, 671–688.

Hadi, M. J. (2020). Effect of magnetic water technology on the chemical composition and protein content of date palm (Phoenix dactylifera L. cv. Barhee). Basrah Journal of Agricultural Sciences 33, 88–99. [214]

Saleh, A. M., Abdel-Moneim, A. M., and El-Housini, E. A. (2020). Response of Vicia faba L. to magnetic water irrigation under heavy metal stress conditions. Environmental Science and Pollution Research 27, 16845–16857. [215]

Zareei, M., Mohammadi, A., and Ghehsareh, A. M. (2021). Impact of magnetic field treated nutrient solution on protein content and physiological traits of hydroponically grown grapes. Journal of Plant Nutrition 44, 1789–1802. [216]

Aladjadjiyan, A. (2010). Influence of stationary magnetic field on bioenergetic processes in agricultural seeds. Journal of Central European Agriculture 11, 411–416. [217]

Dhawi, F., and Al-Khayri, J. M. (2008). Magnetic field effects on germination and early growth of date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars. African Journal of Biotechnology 7, 4068–4073. [218]

Dhawi, F., and Al-Khayri, J. M. (2009). Magnetic fields induce changes in photosynthetic pigments content in date palm (Phoenix dactylifera L.) seedlings. The Open Agriculture Journal 3, 14-18. [219]

El-Yazied, A. A., El-Gizawy, A. M., Ragab, S. M., and Hamed, E. S. (2012). Effect of magnetic field treatments on growth, yield and chemical constituents of tomato plants. Journal of Applied Sciences Research 8, 4229-4238. [220]

Esmaillou, Z., Asghari, M., Zaare-Nahandi, F., and Sepehr, E. (2024). Magnetization of Irrigation Water Ameliorated the Adverse Effects of Salt Stress in Apple Saplings. Journal of Plant Growth Regulation 44, 839–849. [221]

Teixeira da Silva, J. A., and Dobránszki, J. (2016). Impact of magnetic fields on plant growth and development. Plant Growth Regulation 78, 275-291. [222]

Dhawi, F., and Al-Khayri, J. M. (2009). Static magnetic field influence on elements composition in date palm (Phoenix dactylifera L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5, 161-166. [223]

Zareei, E., Zaare-Nahandi, F., Oustan, S., and Hajilou, J. (2019). Effects of magnetic solutions on some biochemical properties and production of some phenolic compounds in grapevine (Vitis vinifera L.). Scientia Horticulturae 253, 217-226. [224]

Boix, Y. F., Alemán, E. I., Torres, J. M., Chávez, E. R., Arruda, R. D. C. O., Hendrix, S., Beenaerts, N., Victório, C. P., Luna, L. G., Manrique, C. M., and Cuypers, A. (2018). Magnetically treated water on phytochemical compounds of Rosmarinus officinalis L. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology 3, 297-303. [225]

[226] Dhawi, F., and Al-Khayri, J. M. (2008). Proline accumulation in response to magnetic fields in date palm (Phoenix dactylifera L.). The Open Agriculture Journal 2, 80-85.

[227] Abdulla, A. A., Al-Khayri, J. M., and Jain, S. M. (2024). Comparative assessment of antioxidant profiles and free radical scavenging activity in various date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 126, 105–118.

[228] Dabire, C. M., Nebie, R. H., and Belanger, A. (2011). Effect of extraction methods and environmental conditions on the antioxidant capacity of medicinal plants. African Journal of Biotechnology 10, 9110–9118.

[229] Kokou, K., Koudou, J., and Essien, E. (2014). Influence of physiological stage and drying conditions on the antioxidant properties of plant extracts. International Journal of Biological and Chemical Sciences 8, 543–552.

[230] Maidi, I. (2014). Evaluation of phytochemical composition and antioxidant activity of some Algerian medicinal plants (Doctoral dissertation). University of Kasdi Merbah Ouargla, Algeria.

[231] Pokorny, J., Yanishlieva, N., and Gordon, M. (2001). Antioxidants in food: Practical applications. Woodhead Publishing.

[232] Unuofin, J. O., Masuku, N. P., and Lebelo, S. L. (2024). Phenolic and flavonoid profiles steering the potent antioxidant activities of selected plant species. South African Journal of Botany 165, 312–324.

[199] De Souza-Torres, A., Isaac-Alemán, E., Alcaraz, L., and González, L. (2020). Influence of a static magnetic field on the photosynthetic efficiency and growth of plants. Revista Phyto 89, 241–252.

[200] Esmaillou, Z., Asghari, M., Zaare-Nahandi, F., and Sepehr, E. (2024). Magnetization of irrigation water ameliorated the adverse effects of salt stress in apple saplings. Journal of Plant Growth Regulation 44, 839–849.

[201] Ferrer-Dubois, A. E., Zamora-Oduardo, D., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., and Isaac-Aleman, E. (2022). Water treated with a static magnetic field on photosynthetic pigments and carbohydrates of Solanum lycopersicum L. Revista Cubana de Química 34, 34–48.

[202] Nurul-Islam, M. M., and Mohd-Azemi, B. M. N. (1998). Hydrolytic degradation and alpha-amylase activity on calcium-bound and modified starches. Starch/Stärke 50, 147–153.

[203] Hozayn, M., and El-Monairy, O. M. (2020). Negative impacts of magnetized water on total carbohydrate content and growth of Vicia faba L. under severe salinity stress. Annals of Agricultural Sciences 65, 195–204.

[204] Maheshwari, B. L., and Grewal, H. S. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on crop yield and water productivity. Agricultural Water Management 96, 1229–1236.

قائمة الملاحق

الملحق I: الوسائل والمواد :

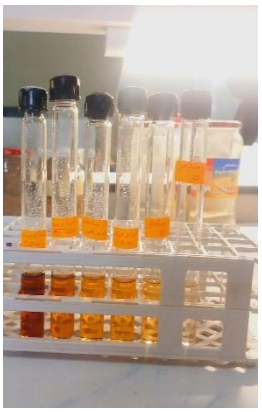
خطوات العمل	الأدوات	المحاليل والمواد	الأجهزة المستعملة
تحضير المستخلص	بيشر ملعقة (Sptule) حامل أنابيب أنابيب زجاجية انابيب اختبار مدرجة ماصة مدرجة (Micropipete)	ماء مقطر TCA Ether ChLoroforme NaoH	جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس جهاز الطرد المركزي (centrefégueuse)
تقدير الكربوهيدرات	انابيب اختبار زجاجية حامل انابيب زجاجية بيشر معلقة (Sptule) Descuves Micropipette	فينول حمض الكبريت ماء مقطر غلوكوز	جهاز المطيافية الضوئية Spectrophot) (Ométres
تقدير البروتينات	Micropipette معلقةزططموكطبيب اختبار زجاجية حامل انابيب اختبار أنبوب اختبار مدرج Descuves	كربونات الصوديوم هيدروكسيد الصديوم (N0.1) (Naoh) كبريتات النحاس (%0.5) CuSo4 تيترات الصوديوم بوتاسيوم_ KnaC4H4o6 4H2o Folin Ciocalteau بروتين ألبومين مصل البقر BSA	جهاز المطيافية الضوئية Spectropho) (tométres ميزان حساس

تقدير الدهون	Micropipette ملعقة (spatule) انابيب اختبار زجاجية حامل انابيب اختبار انبوب اختبار مدرج Descuves	مستخلصات نباتية ماء مقطر زيت الصوجا حمض الكبريت المركز Ether/chloroforme Vanilline حمض الفسفوريك 85%	جهاز المطيافية الضوئية spectro photométres) جهاز الرج ميزان حساس
المستخلص الميثانولي	معلقة ورقة ترشيح Des cuves أنبوب اختبار مدرج	مسحوق نبات التمر ماء مقطر الميثانول(Méthamol)	جهاز التبخّر الدوراني Rotavapor حاضنة
تقدير محتوى الفينولات	بيشر ملعقة ورق المينيوم Des cuves انبوب اختبار مدرج Micropipette حامل أنابيب اختبار	حمض الغاليك ماء مقطر كربونات الصديوم (Na2co3) Methamol Folin ciocalteu	جهاز المطيافية الضوئية Spectrophotométres) جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس
تقدير محتوى الفلافونويدات	بيشر ملعقة ورق المينيوم Des cuves أنبوب اختبار مدرج Micropipette	ماء مقطر MethanoL Alcl3 اسيتات صوديوم_بوتاسيوم Ch3cooNa_ch3cook	جهاز المطيافية الضوئية Spectrophotométres) جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس

	حامل انابيب اختبار		
تقدير النشاطية المضادة للأكسدة	بيشر ملعقة ورق الميزيوم Des cuves أنبوب اختبار مدرج Micropipette حامل انابيب اختبار	DPPH+ MethanoL Acide Ascorbique	جهاز المطيافية الضوئية Spetrophotométres) جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس

الملحق II: السجل المصور للمراحل التجريبية والوسائل المخبرية :

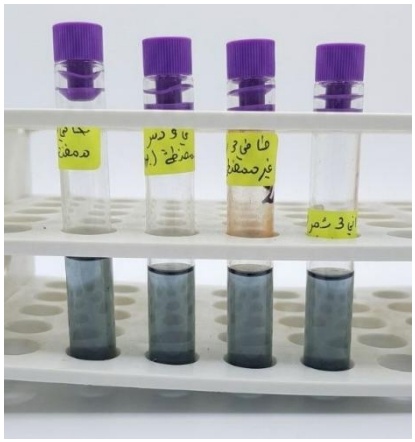
الوثيقة 1:توضح طحن عينة التمر



الوثيقة2: تحضير المحلول القياسي للغلوكوز

الوثيقة 3: تقدير الدهون للعينات التمر

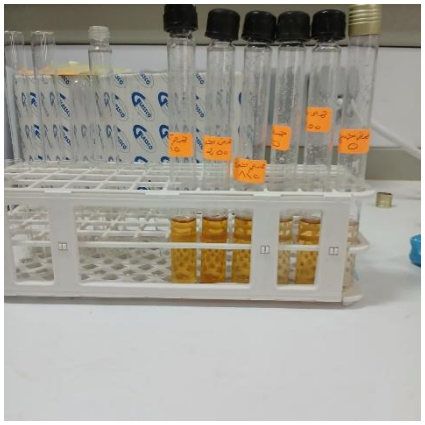
الوثيقة4:تحضير المحللول القياسي للدهون



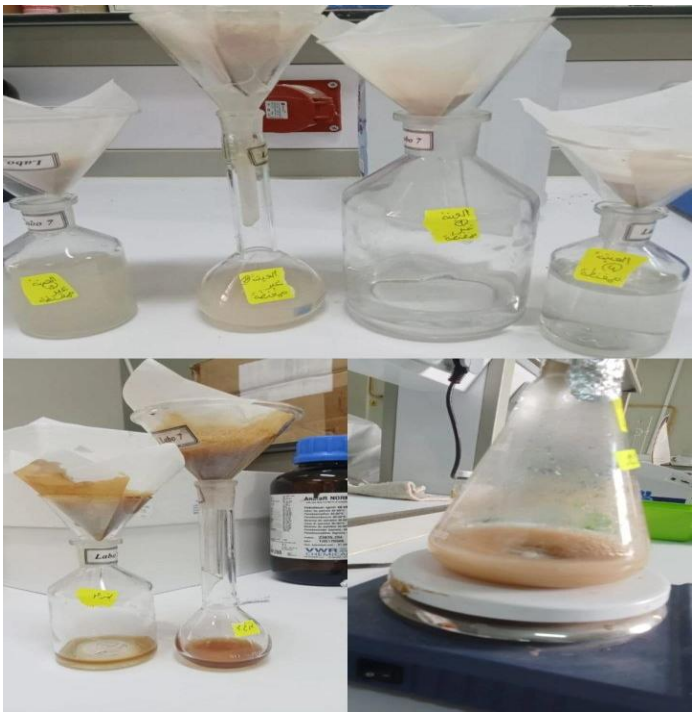
الوثيقة 5 :تقدر البروتين لعينات التمر

الوثيقة 6 :تحضير المحلول القياسي للبروتين لتمر

الوثيقة 7: استخلاص الطافي



الوثيقة 8: تقدير الكربوهيدرات لنبات التمر



الوثيقة 9: تحضير محلول التربة

الملحق III: الأجهزة والمواد المخبرية المستعملة :

الوثيقة 1: ميزان الكتروني

الوثيقة 2: جهاز الرج المغنطيسي

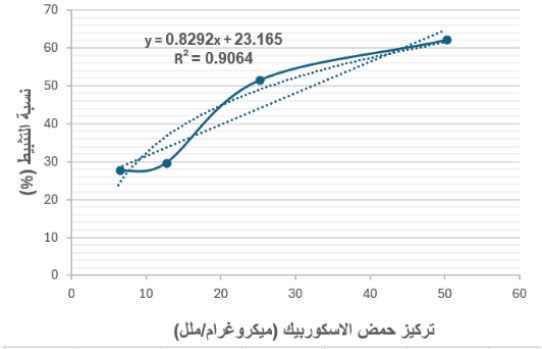
الوثيقة 3: ميزان حساس

الوثيقة 4: ماصة دقيقةMicropipette

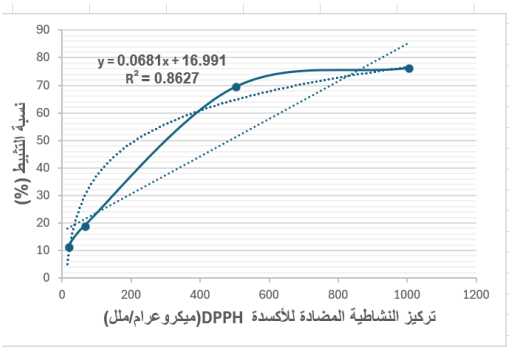
الوثيقة5: فرن مخبري

الوثيقة 6: فرن تجفيف

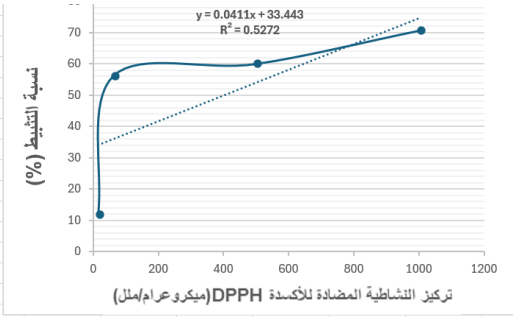
الملحق IV: المنحنيات



الوثيقة 1 :المنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك



الوثيقة 2 : نسبة تثبيط جذور DPPH الحرة بدلالة تركيز مستخلص تمر غير ممغنط



الوثيقة 3 :نسبة تثبيط جذور DPPH الحرة بدلالة تركيز مستخلص تمر الممغنط