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

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكـــاديمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة: علوم بيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

الموضوع:

دراسة تأثير مياه الري الممغنطة على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات البطاطا صنف سبونتا (*spunta*)

من إعداد الطالبات:

✓تواتي طليبة الشيماء

✓قيطة آية

تحت اشراف الدكتور:

• د. غمام عمارة الجيلاني

نـــوقشت يوم:13/06/2026

من طرف لـــجنة المنـــاقشة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	الصفة
د. علي لجدل تفاحة	أستاذة محاضرة(أ)	رئيساً
د. غمام عمارة الجيلاني	أستاذ تعليم عالي	مشرفاً ومقرراً
د. شرادة نزار	أستاذ محاضر(ب)	مساعداً ومشرفا ومقررا
د. غرايسة نورة	أستاذة محاضرة (ب)	مناقشاً

السنة الجـــامعية: 2025-2026

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

قال الله تعالى: ﴿رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ﴾ (النمل: 19)

أول ما نستهل به هذا المقام، هو التوجه بالحمد والثناء لبارئ النسم، ومفيض النعم، الله جل في علاه، الذي وهبنا العقل والبصيرة، وأمدنا بالقوة والعزيمة لنبلغ هذا المراد."الحمد لله الذي أعاننا بفضله على إتمام هذا العمل، الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله تتنزل الخيرات، وبطاعته تُنال البركات، الحمد لله الذي علّم بالقلم، علّم الإنسان ما لم يعلم."،الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم، ويسر لنا سبل المعرفة، وأعاننا بجميل لطفه وعظيم توفيقه على إتمام هذا الجهد المتواضع لك الحمد يا ربنا حتى ترضى، ولك الحمد إذا رضيت، ولك الحمد بعد الرضا، ولك الحمد على كل حال وفي كل حين."والصلاة والسلام على حبيبنا محمد صلى الله عليه وسلم، أما بعد:

نتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من:

إلى سندنا في الشدائد، وملاذنا في الصعاب؛ والدانا الغاليين، نهديهم هذا العمل عرفاناً بالجميل وتقديراً لعظيم تضحياتهم."

إلى منارة العلم وقدوة الباحثين، الدكتور المشرف غمام عمارة الجيلاني نزجي إليه أسمى معاني الشكر والتقدير، عرفاناً بالجهد الذي بذله، وبالعلم الذي منحنا إياه بكل سخاء، فكان نعم الأستاذ ونعم الموجه طوال مشوارنا الدراسي.فجزاه الله عنا خير.

كما أتقدم بعبارات الشكر والتقدير إلى الأساتذة الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة الأستاذة علي لجدل تفاحة رئيسا و الأستاذة غرايسة نورة ممتحنا والأستاذ شرادة نزار مشرفا ومقررا الذين تفضلوا بقبول قراءة هذه المذكرة وإثرائها بملاحظاتهم العلمية القيمة، والتي ستكون بلا شك إضافة نوعية لهذا البحث وتقويماً لمساره، فجزاهم الله عنا كل خير."

ولا يفوتنا في هذا المقام أن نتقدم بخالص الشكر إلى:

أساتذتنا الكرام، كل واحد باسمه، أولئك الذين لم يبخلوا علينا بعلمهم ولا بوقتهم، فكانوا لنا كالمصابيح التي تضيء دروب المعرفة. نخص بالشكر كل من علمنا حرفاً، وفتح لنا آفاقاً، وغرس فينا شغف البحث والتقصي منذ الخطوة الأولى في مشوارنا الدراسي وحتى يومنا هذا من معلمي الابتدائي إلى أساتذة الجامعة.

"كما نتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى السادة مسؤولي المخبر 7و8 بكلية العلوم الطبيعية و الحياة سلطان وعمر الذين فتحوا لنا أبواب المخبر ويسروا لنا سبل العمل، ولما قدموه لنا من مساعدات تقنية وتوجيهات عملية كانت الركيزة الأساسية في إنجاز الجانب التطبيقي من هذا البحث، فجزاهم الله عنا كل خير."

وفي الختام، نتقدم بجزيل الشكر لكل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا البحث، سواء بنصيحة هادفة، أو مساعدة تقنية، أو دعوة صالحة. جزاكم الله عنا كل خير ووفقنا وإياكم لما يحبه ويرضاه."

الطالبات

إهداء

﴿وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ ۚ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ﴾

إلى الله جلَّ جلاله..

لك الحمدُ حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه كما ينبغي لجلاَل وجهك وعظيم سلطانك. لك الحمدُ أنْ أنرتَ لي الدرب، ويسّرت لي الصعب، وجعلت من هذا الجهد واقعاً ملموساً. أشهدُ أن لا قوةَ إلا بك، ولا وصولَ إلا بفضلك إلى قدوتنا وشفيعنا عند الرَحمان سيدنا محمد عليه أفضل الصلاة والسلام

إلى نور عيني وسر قوتي.. والدي العزيز. إلى الرجل الذي أفنى سنوات عمره ليضيء لي طريق العلم، والدي الذي لم يبخل عليّ يوماً بجهد أو دعاء. أقدم لك نجاحي هذا وفاء وتقدير، فما هذا الإنجاز إلا توفيق الله ثم غرس يديك و حفظك الله لي تاجاً فوق رأسي وأدامك سنداً لا يميل.

إلى أيقونة الصبر ونبع الحنان.. والدتي العزيزة.

إليكِ يا مَن سهرتِ لأرتاح، وتعبتِ لأنجح. أهدي إليك ثمرة هذه السنين، يا مَن كان رضاكِ غايتي، ودعاؤكِ وسيلتي.

حفظك الله لي، وأقرّ عينك برؤيتي دائماً في أعلى المراتب.

إلى منبعِ البركة ودعوات الخير.. جدي وجداتي الغاليين

وإلى الروح الطاهرة التي غادرتنا وما زال أثرها في قلبي باقياً جدي الاخر رحمه الله

إلى القلوب الحنينة التي تفيضُ بالمودة.. خالاتي وعماتي الغاليات.

إلى من بهم يشتدُّ عضدي، وزينة أيامي.. إخوتي الأوفياء.

الذين كانوا لي السندَ والبهجة في كل حين، إلى من شاركوني ضحكاتي وخففوا عني ضغوط دراستي وتعبي.

حمزة، لؤي، علي.. أنتم القوة التي أستند إليها، والأمان الذي يحيط بي. شكراً لكونكم دائماً بجانبي.

إلى زهرة البيت ورفيقة دربي.. أختي الصغرى آلاء..

أهديكم ثمرة نجاحي، فأنتم شركاء هذا الإنجاز، وأسأل الله أن يديم جمعتنا، ويحفظكم لي سنداً وذخراً طوال العمر

إلى رفيقاتي اللواتي كنّ لي بمثابة الأخوات مريم، سليمة، عائشة

وإلى صديقتي التي تذوقت معها أجمل اللحضاتَ منذ سنوات المتوسط دمتي لي صحبة لاتميل آية

والى رفيقات الدرب اللواتي شاركني عناء المذكرة دمتم لي رفقة صالحةشيماء، أية، نهاد، شروق

تواتي طليبة الشيماء

إهداء

الحمد لله الذي أنار بالعلم دروبنا، وأعاننا على اتمام هذا البحث بعد مسيرة حافلة بالعطاء والصبر. بفيض من الحب والإمتنان، يطيب لي أن ارفع ثمرة هذا الجهد المتواضع وكفاح السنوات إلى كل النفوس النبيلة والقلوب الطاهرة التي كانت لي سندا ودفعا، والى كل من اضاء بدعمه وتشجيعه طريقي لأقف اليوم في هذا المقام.

تتويجا لرحلة كفاح دامت سنوات، وفي لحظة يمتزج فيها الفخر باالإمتنان، يطيب لي أن اهدي ثمرة هذا الجهد العلمي المتواضع إلى:

الرجل الذي لم يبخل عليا يوما برعايته، من شق لي في دروب العلم طريقا وكان دعاؤه الصامت وصبره العظيم دافعي الأكبر لأصل إلى هذا المقام أبي الغالي إليك ارفع ثمرة سهر الليالي وكفاح السنوات، راجيا من الله أن أكون قد رفعت رأسك وجعلتك تفتخر بي

إلى من وهبتني عمرها تضحية وعطاء ورافقتني رضاها في كل خطوة من مسيرتي، وكانت ملجئ وماصدر قوتي أمي الحبيبة

إلى من جعلهم الله لي سندا وعزوة وبهم سأشد عضدي في معترك الحياة اخواتي وعلى رأسهم جوهرة البيت وسندي، أختي الكبيرة رندة كانت لي دائما بمثابة الأم الثانية والملجأ الآمن والناصحة الصادقة في كل خطواتي أهديك هذا النجاح اعترافا بجميل وجودك وتشجيعك المستمر.

إلى رفيقة الدرب وصديقة العمر شيماء التي تقاسمت معي احلامي وتخرجي وكنت لي خير عون في أصعب اللحضات شكرا لأنك كنت دائما بجانبي منذ البداية ممتنة لوجودك الذي يجعل كل نجاح أجمل.

إلى من اناروا دربي بشعلة العلم والمعرفة، وبذلوا العطاء دون مقابل أساتذتي الأفاضل

وإلى كل شخص مد لي يد العون أو ترك في مشواري أثرا طيبا ولو بكلمة تشجيع صادقة اهديكم جميعا ثمرة هذا النجاح.

قيطة آية

قائمة المحتويات

الفهرس

شكر وتقدير..... I
إهداء..... II
إهداء..... II
قـائـمة المحتويات..... IV
الملخص..... VI
مقدمـــة..... 1
الجزء النظري..... 4
الفصل الأول: دراسة حول نبات البطاطا وزراعته..... 5
I. نبات البطاطا:..... 6
1.I. الموطن والأصل الجغرافي لنبات البطاطا:..... 6
2.I. توزع نبات البطاطا:..... 6
3.I. الاهمية التاريخية للبطاطا في الامن الغذائي:..... 7
4.I. زراعة نبات البطاطا:..... 8
5.I. أهمية نبات البطاطا:..... 9
6.I. المحتوى والقيمة الغذائية لنبات البطاطا:..... 10
7.I. التصنيف العلمي لنبات البطاطا:..... 11
8.I. أصناف نبات البطاطا:..... 12
9.I. الوصف المورفولوجي لنبات البطاطا:..... 13
10.I. دورة حياة نبات البطاطا:..... 17
11.I. الاحتياجات الزراعية لنبات البطاطا:..... 20
12.I. الأمراض والآفات التي تصيب نبات البطاطا وطرق مكافحتها..... 22
الفصل الثاني: مياه الري..... 24
I. مياه الري..... 25
1.I. خصائص مياه الري:..... 26
1.1.I. الخصائص الكيميائية (Chemical Characteristics)..... 26
2.1.I. الخصائص الفيزيائية..... 27
2.I. مصادر مياه الري:..... 27
1.2.I. المصادر التقليدية..... 27

I.2.2. المصادر المطرية والحصاد المائي.....28
I.2.3. المصادر غير التقليدية أو ذات الجودة الهامشية.....28
I.3. علاقة مياه الري بالنبات:.....29
I.4. مشاكل مياه الري:.....30
I.4.1. خطر الملوحة.....30
I.4.2. مشكلة النفاذية وخطر الصوديوم.....30
I.4.3. سمية الأيونات النوعية.....31
I.4.4. مشاكل تقنية وبيئية متنوعة.....31
I.5. تقنيات معالجة مياه الري:.....31
I.5.1. المعالجة الفيزيائية.....31
I.5.2. المعالجة البيولوجية والطبيعية.....32
I.5.2. المعالجة الكيميائية.....32
II. مياه الري الممغنطة:.....32
II.1. المجال المغناطيسي وآليات المعالجة المغناطيسية للماء.....32
II.2. المياه الممغنطة.....33
II.3. معالجة الماء مغناطيسيا (تقنية المغنطة).....33
II.4. تأثير المجال المغناطيسي على الماء.....34
II.5. تأثير الماء الممغنط على خصائص التربة وملوحتها.....35
II.6. تأثير الماء الممغنط على النبات ونموه.....36
II.7. أهمية مغنطة الماء.....37
الجزء العملي.....39
الفصل الثالث: الوسائل والطرق.....40
I. التعريف بمنطقة الدراسة:.....41
I.1.الموقع الجغرافي لمنطقة وادي سوف:.....41
II. المواد وطرق البحث:.....42
II.1. المواد والوسائل المستعملة:.....42
II.2. الصفات المدروسة:.....44
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة.....64
I. نتائج تحليل الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة ومياه السقي:.....65
I.1. الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للتربة المستعملة في الدراسة:.....65

I.2.2. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الممغنطة والمياه الغير ممغنطة:.....67
I.2.2.1. تحليل الخصائص الفيزيائية للمياه الممغنطة (WM)والمياه غير ممغنطة (WSM):...67
I. 2.2.2. تحليل الخصائص الكيميائية للمياه الممغنطة (WM) والمياه غير ممغنطة (WSM):.68
II. تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لدرنات البطاطا:.....70
II.1. الخصائص الفيزيائية لدرنات البطاطا:.....70
II.1.1. بالنسبة لدرجة الحموضة ph:.....70
II.1.2. بالنسبة للناقلية الكهربائية EC:.....70
II.2. الخصائص الكيميائية لدرنات البطاطا:.....71
II.2.1. نسبة المادة العضوية والرماد في درنات البطاطا:.....71
II.2.2. بالنسبة للعناصر المعدنية:.....71
II.3. تقدير القيمة الغذائية لدرنات البطاطا:.....72
II.3.1. تقدير المركبات الكيميائية لدرنات البطاطا:.....72
II.3.2. تقدير المركبات الفيتوكيميائية لدرنات البطاطا:.....76
الـــخاتـــمة.....80
قـــائمة المراجع.....82
قـــائمة الملاحق.....92

قائمة الجداول

الجدول (1): الإنتاج العالمي حسب القارات FAO.....8
الجدول (2): المحتوى والقيمة الغذائية في 100غ من البطاطا.....11
الجدول (3): التصنيف العلمي لنبات البطاطا.....12
الجدول (4): يوضح اهم الأمراض والآفات التي تصيب نبات البطاطا (Solanum tuberosum) وطرق مكافحتها.....22
الجدول 5: يوضح تصنيف درجة حموضة وصفات التربة حسب التصنيف الأمريكي [103].....45
الجدول 6: تصنيف مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية[103].....46
الجدول 7: الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة المستعملة في الدراسة.....65
الجدول 8: نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية للمياه الممغنطة (WM) والمياه غير الممغنطة (WSM)67
الجدول 9: نتائج تحليل الخصائص الكيميائية للمياه الممغنطة (WM) و المياه غير ممغنطة (WSM) 68
الجدول 10: نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية لدرنات البطاطا.....70
الجدول 11: نتائج نسبة الرماد والمادة العضوية في درنات البطاطا.....71
الجدول 12: نتائج تحليل الخصائص الكيميائية لدرنات البطاطا.....71

قائمة الاشكال

الوثيقة (1): إنتاج وإنتشار البطاطا العالمي في عام 2023 حسب بلد المنشأ 7

الوثيقة (2): التنوع في شكل ولون أصناف نبات البطاطا 13

الوثيقة (3): ورقة نبات البطاطا..... 14

الوثيقة (4): السيقان الأرضية وتكون الدرنة في نبات البطاطا..... 15

الوثيقة (5): زهرة نبات البطاطا..... 16

الوثيقة (6): المظهر العام لنبات البطاطا..... 17

الوثيقة (7): مرحلة الانبات وتكوين الدرنات..... 18

الوثيقة (8): دورة مرحلة النمو الخضري لنبات البطاطا 19

الوثيقة (9): مراحل النمو الخضري والثمري عند البطاطا..... 20

الوثيقة (10): نظام الري بالتنقيط: التوزيع المائي الدقيق في منطقة الجذور..... 25

الوثيقة (11): الآثار الفسيولوجية والخلوية الناتجة عن الإجهاد الملحي على نبات البطاطا..... 30

الوثيقة (12): جهاز Delta Water المستخدم في تطبيقات المعالجة المغناطيسية لمياه الري 34

الوثيقة (13): أثر المغنطة على بنية جزيئات الماء..... 35

الوثيقة 14: خريطة الحدود الجغرافية والتقسيم الإداري لولاية الوادي..... 41

الوثيقة 15: بطاطا صنف سبونتا 43

الوثيقة 16: مخطط تصميم التجربة..... 44

الوثيقة 17: طرق تجفيف وتحضير العينات النباتية 48

الوثيقة 18: جهاز قياس الناقلية الكهربائي..... 49

الوثيقة 19: جهاز قياس درجة الحموضة..... 49

الوثيقة 20: جهاز الطرد المركزي..... 51

الوثيقة 21: مخطط يبين أهم الخطوات الاساسية لاستخلاص الكربوهيدرات،الدهون،البروتين..... 52

الوثيقة 22: جهاز المطيافية الضوئية (Spectrophotometer)..... 54

الوثيقة 23: توضح المنحنى القياسي للغلوكوز..... 54

الوثيقة 24: توضح المنحنى القياسي للدهون 55

الوثيقة25: توضح المنحنى القياسي للبروتين 57

الوثيقة 26: مخطط يبين أهم الخطوات الاساسية لاستخلاص مواد الأيض الثانوية..... 58

الوثيقة 27: توضح المنحنى القياسي لحمض الغاليك 60

الوثيقة 28: توضح المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين 61

الوثيقة 29: آلية تفاعل الجذر الحر DPPH مع مضادات الأكسدة (AO-H)..... 61

الوثيقة 30: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الكربوهيدرات في درنات البطاطا 73

الوثيقة 31: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الدهون في درنات البطاطا..... 74

الوثيقة 32: مخطط يوضح تأثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في درنات البطاطا..... 75

الوثيقة 33: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الفينولات في درنات البطاطا 76

الوثيقة 34: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا 77

الوثيقة35: مخطط يوضح تأثير الري بالمياه الممغنطة وغير الممغنطة على القدرة المضادة للأكسدةIC50 لنبات البطاطا مقارنة بحمض الأسكوربيك..... 78

قائمة الاختصارات

الاختصار	الشرح
FAO	المنظمة العالمية للأغذية والزراعة
Ppm	الجزء بالمليون
TH	العسرة الكلية
TDS	التركيز الكلي للأملاح
ST	الشد السطي
D	كثافة كتلة الماء
MW	مياه ممغنطة
NMW	مياه غير ممغنطة
TUR	عكارة الماء
EC	الناقلية الكهربائية
PH	درجة الموضة
DPPH	2,2-dipenyl-1-picrylhydrazyl
IC50	Concentration permettant d inhiber 50%

الملخص

الملخص:

تستهدف هذه الدراسة تحديد مدى تأثير الري بالمياه الممغنطة على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات البطاطا من صنف سبونتا (*solanum tuberosum* L).حيث أنجزت هذه الدراسة في منطقة الزغبيات في بلدية حاسي خليفة لولاية الوادي بالجزائر . ولتحقيق ذلك، أُجريت دراسة مقارنة بين القيمة الغذائية والمحتوى الكيميائي لدرنات البطاطا المروية بالمياه المعالجة بتقنية المغنطة وأخرى المروية بمياه ري عادية (شاهدة).

و قد تضمن الجانب التجريبي إجراء تحاليل مخبرية شاملة لكل من التربة، ومياه الري، ودرنات البطاطا ، إلى جانب تقدير المركبات الكيميائية للدرنات من خلال تقدير محتوى الكربوهيدرات الكلية، الدهون، والبروتينات، وتقدير المركبات الفيتوكيميائية من خلال تقدير محتوى الفينولات والفلافونويدات ، بالإضافة إلى تحديد تركيز العناصر المعدنية، وتقدير المحتوى الرمادي . وتحديد الفعالية المضادة للأكسدة للدرنات لكلا المعاملتين باستخدام اختبار تثبيط الجذور الحرة (DPPH).

حيث أضهرت التحاليل الكيميائية للتربة انخفاض قيمة كل من PH والناقلية EC ، وأضهرت التحاليل الكيميائية للدرنات وجود تباين في قيم المركبات الغذائية تِبعاً لطبيعة مياه الري؛ حيث أظهرت درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة انخفاض في محتوى الكربوهيدرات حيث بلغت (5.52mg/ml) مقارنة بالعينة الشاهدة والتي قدرت ب(8.19mg/ml). كما سجلت درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة تفوقاً في محتوى الدهون بقيمة (1.81mg/ml) مقارنة ب(. 1.08mg/ml) للعينة غير الممغنطة ، وفي المقابل انخفاض محتوى البروتينات في درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت ب (0.20mg/ml) مقارنة بالعينة الشاهدة و التي بلغت (0.28mg/ml).

كما لاحضنا أيضا ارتفاع محتوى المركبات الفيتوكيميائية الفينولات والفلافونويدات في درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة.

أما فيما يخص الفعالية المضادة للأكسدة (DPPH)، فقد أحدثت المعالجة بالمياه الممغنطة تحسناً كبيراً وواضحاً؛ إذ سجلت في درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة (240.67µg/ml) وفي درنات البطاطا المروية بالمياه غير الممغنطة قدر ب (µ243.96g/ml) ، اما حمض الأسكوربيك القياسي قيمته (µ26.36g/ml). وهو ما يؤكد في مجمله الدور الإيجابي الفعّال لتقنية المغنطة في تحسين جودة وإنتاجية

درنات البطاطا، وتعزيز قدرتها الاختزالية ومحتواها الطاقوي والغذائي دون التأثير سلباً على الخصائص الحيوية المميزة لصنف " سبونتا ".

الكلمات المفتاحية: نبات البطاطا(*solanum tuberosum* L)،درنات البطاطا، صنف سبونتا *SPUNTA* ، مياه الري الممغنطة، تحليل التربة، تحليل مياه السقي ، درجة الحموضة ، قيمة الناقلية ، الكربوهيدرات، الدهون، البروتينات، مضادات الأكسدة (DPPH)، المركبات الفيتوكيميائية.

Résumé :

Cette étude vise à déterminer l'impact de l'irrigation avec de l'eau magnétisée sur les propriétés chimiques et phytochimiques de la plante de pomme de terre، variété *Spunta* (*Solanum tuberosum* L). Cette étude a été réalisée dans la région de Zoghbiyat، dans la commune de Hassi Khalifa، wilaya d'El Oued. Pour ce faire، une étude comparative a été menée entre la valeur nutritionnelle et la composition chimique des tubercules de pomme de terre traités par la technique magnétisée et d'autres irrigués avec de l'eau ordinaire (témoin).

Le volet expérimental a consisté à réaliser des analyses de laboratoire complètes pour le sol، l'eau d'irrigation et les tubercules de pomme de terre، ainsi qu'à estimer les composés chimiques des tubercules à travers la détermination de la teneur en glucidesto taux،en lipides،en protéines،et l'estimation des composés phytochimiques par la détermination de la teneur en phénols et en flavonoïdes. De plus، la concentration des éléments minéraux et la teneur en cendres ont été déterminées، ainsi que l'activité antioxydante des tubercules pour les deux traitements à l'aide du test d'inhibition des radicaux libres (DPPH).

Les analyses chimiques du sol ont montré une diminution de la valeur du pH et de la conductivité électrique (CE). Les analyses chimiques des tubercules ont également révélé une variation des valeurs des composés nutritionnels selon la nature de l'eau d'irrigation. Les tubercules de pomme de terre irrigués avec de l'eau magnétisée ont montré une diminution de la teneur en glucides، atteignant (5.52 mg/ml)par rapport à l'échantillon témoin estimé à (8.19 mg/ml). Les tubercules irrigués à l'eau magnétisée ont également enregistré une supériorité de la teneur en lipides avec une valeur de(1.81 mg/ml) par rapport à (1.08 mg/ml) pour l'échantillon non magnétisé. En revanche، la teneur en protéines a diminué dans les tubercules irrigués à l'eau magnétisée، où elle a été estimée

(0.20 mg/ml)par rapport à l'échantillon témoin qui a atteint (0.28 mg/ml). Nous avons également observé une augmentation de la teneur en composés phytochimiques (phénols et flavonoïdes) dans les tubercules irrigués avec de l'eau magnétisée.

En ce qui concerne l'activité antioxydante (DPPH) le traitement à l'eau magnétisée a apporté une amélioration significative et claire، puisqu'elle a été enregistrée dans les tubercules irrigués à l'eau magnétisée (240.67 µg/ml) et dans les tubercules irrigués à l'eau non magnétisée à hauteur de (243.96 µg/ml)، tandis que l'acide ascorbique standard avait une valeur de (26.36 µg/ml). Ce qui confirme dans l'ensemble le rôle positif et efficace de la technique magnétisée dans l'amélioration de la qualité et de la productivité des tubercules de pomme de terre, le renforcement de leur capacité réductrice et de leur contenu énergétique et nutritionnel, sans influencer négativement les caractéristiques vitales distinctives de la variété "Spunta".

Mots-clés : Plante de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L)،tubercules dpomme de terre، variété *SPUNTA*، eau d'irrigation magnétisée، analyse du sol، analyse de l'eau d'irrigation، glucides، lipides، protéines، antioxydants (DPPH)،composés phytochimiques**.**

Abstract

This study aims to determine the impact of irrigation with magnetized water on the chemical and phytochemical properties of the potato plant *Spunta* variety (*Solanum tuberosum* L). This study was carried out in the Zoghbiyat area ، in the municipality of Hassi Khalifa, El Oued province. To achieve this a comparative study was conducted between the nutritional value and chemical composition of potato tubers treated with the magnetized technique and others irrigated with regular water (control).

The experimental part included conducting comprehensive laboratory analyses for the soil ، irrigation water ، and potato tubers، as well as estimating the chemical compounds of the tubers by determining the total carbohydrate، fat and protein content and estimating the phytochemical compounds by determining the phenol and flavonoid content. Additionally ، the concentration of mineral elements and ash content were determined ، along with the antioxidant activity of the tubers for both treatments using the free radical scavenging assay (DPPH).

Chemical analyses of the soil showed a decrease in pH and electrical conductivity (EC) values. Chemical analyses of the tubers also revealed a variation in the values of nutritional compounds depending on the nature of the irrigation water. Potato tubers irrigated with magnetized water showed a decrease in carbohydrate content، reaching (5.52 mg/ml)compared to the control sample estimated at(8.19 mg/ml). The tubers irrigated with magnetized water also recorded higher fat content with a value of (1.81 mg/ml) compared to (1.08 mg/ml) for the nonmagnetized sample. Conversely، the protein content decreased in tubers irrigated with magnetized water ، where it was estimated at (0.20 mg/ml) compared to the control sample which reached (0.28 mg/ml). We also observed an increase in the content of phytochemical compounds (phenols and flavonoids) in the potato tubers irrigated with magnetized water.

Regarding the antioxidant activity (DPPH) ، the magnetized water treatment brought a significant and clear improvement; it was recorded in tubers irrigated with magnetized water at (240.67 µg/ml) and in tubers irrigated with non-magnetized water at (243.96 µg/ml) ،while the standard ascorbic acid value was (26.36 µg/ml). This overall confirms the positive and effective role of the magnetized technique in improving the quality and productivity of potato tube، enhancing their reducing capacity ، as well as their energy and nutritional cntent without negatively affecting the distinctive vital characteristics of the "*Spunta*" variety.

Keywords: Potato plant (*Solanum tuberosum* L) ،potato tubers، *SPUNTA* variety، magnetized irrigation water،soil analysis، irrigation water analysis، carbohydrates، fats، proteins، antioxidants (DPPH)، phytochemical compounds.

مقدمة

يحتل نبات البطاطا (*Solanum tuberosum* L) مكانة ريادية ضمن المحاصيل الاستراتيجية والأمن الغذائي العالمي، حيث يصنف كأحد أهم محاصيل الخضروات الاستهلاكية والإنتاجية بعد الحبوب. وتتميز البطاطا بقيمتها الغذائية العالية، نظراً لاحتوائها على نسب مرتفعة من الكربوهيدرات (النشاء)، البروتينات، الألياف الغذائية، والفيتامينات الأساسية مثل فيتامين C وB6، بالإضافة إلى غناها بالعناصر المعدنية كالبوتاسيوم والفوسفور والمركبات الفيتوكيميائية ومضادات الأكسدة التي تلعب دوراً حيوياً في صحة الإنسان [1]، وفي الجزائر، تشهد زراعة البطاطا توسعاً كبيراً ونشاطاً مكثفاً في مختلف الأقاليم الزراعية، ولا سيما في السهول الشمالية ومناطق الهضاب العليا، وكذا في المناطق الصحراوية كمنطقة وادي سوف، نظراً لأهميتها الاقتصادية والاجتماعية البالغة وتوفيرها لدخل مستدام للمنتجين، حيث يعد صنف "سبونتا" (*Spunta*) من أكثر الأصناف شيوعاً واستجابة لمتطلبات السوق المحلية بفضل إنتاجيته العالية وقدرته التكيفية [2]

وعلى الرغم من المؤهلات الإنتاجية العالية لهذا المحاصيل، إلا أن القطاع الزراعي في المناطق الجافة وشبه الجافة يواجه تحديات بيئية جسيمة تعيق استدامته، ويأتي على رأسها التغير المناخي وشح الموارد المائية العذبة، مما اضطر المزارعين إلى الاعتماد على مياه ري ذات جودة متدنية. إن هذا الوضع أدى إلى تفاقم ظاهرة ملوحة التربة ومياه الري، والتي تعد من أخطر المشكلات التي تؤثر سلباً على فيزيولوجيا النبات؛ حيث تسبب الإجهاد الملحي (Salinity Stress) الذي يؤدي إلى خلل في التوازن الأسموزي، وإعاقة امتصاص العناصر الغذائية والماء، ونقص في القيمة الغذائية للنبات فضلاً عن تثبيط عملية التمثيل الضوئي وتراجع معدلات النمو والإنتاجية الكلية للمحصول [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 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]، وهذه التغيرات الهيكلية تساهم بشكل فعال في غسل الأملاح من التربة ومنع تراكمها في الطبقات العليا المحيطة بالجذور، مما يسهل على النبات 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 والصباغ النباتية، مما ينعكس إيجاباً على تحسين نمو النبات وتنشيط جهازه المناعي الدفاعي عبر زيادة إنتاج المركبات الفيتوكيميائية ومضادات الأكسدة [6]

بناء 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 الكيميائية لنبات البطاطا. ومنه، جاءت هذه الدراسة بهدف تقييم أثر مياه الري المعالجة مغناطيسياً على الخصائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات البطاطا صنف "سبونتا" (*Spunta*)، وتحديد مدى مساهمة هذه التقنية في تحسين محتوها من المركبات الأيضية الثانوية (كالفينولات والفلافونيدات) ومضادات الأكسدة، كمحاولة لتقديم حلول علمية وعملية مبتكرة تسهم في ترقية الإنتاج الزراعي تحت ظروف الإجهاد الملحي. حيث تم تقسيم هذا العمل إلى جزأين أساسيين:

الجزء النظري: ويشمل فصلين:

- **الفصل الأول:** يهتم بدراسة نبات البطاطا وزراعته
- **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 حول نبات البطاطا وزراعته

I. نبات البطاطا:

يطلق عليها البطاطا أو البطاطا وتسمى علميا *Solanum tuberosum* L وهي عبارة عن نبتة من العائلة الباذنجانية، تعد من أهم المحاصيل الزراعية في العالم[7] وهي من النباتات العشبية الحولية تزرع درناتها في باطن التربة لتستعمل كمصدر غذائي غني بالنشاء والكربوهيدرات، كما تستعمل بعد الطهي بطرق مختلفة مثل: مسلوقة، مقلية او مهروسة وتدخل ايضا في مختلف المنتجات الغذائية مثل الشيبس[8]

1.I. الموطن والأصل الجغرافي لنبات البطاطا:

يعد نبات البطاطا(*Solanum tuberosum* L) من اهم المحاصيل الغذائية على المستوى العالمي، حيث يرتبط تاريخه ارتباطا وثيقا بتطور المجتمعات البشرية وتحولات النظم الزراعية. ويسمح تحليل موطنه الاصلي ومسار انتشاره بفهم الخصائص الفسيولوجية والتكيفية التي يتميز بها، خاصة فيما يتعلق بقدرته على التأقلم مع الظروف البيئية المختلفة وانتاجه المرتفع من المادة العضوية الجافة المخزنة في الدرنات[9]

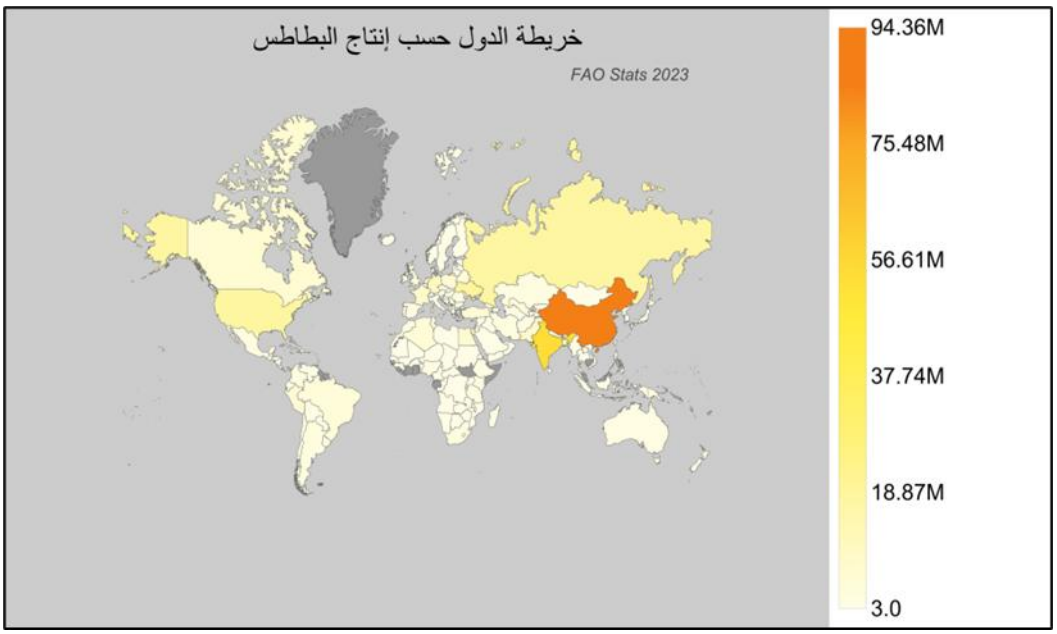
يرجع الاصل الجغرافي لنبات البطاطا الى مناطق جبال الانديز في امريكا الجنوبية، لاسيما في كل من بيرو وبوليفيا، حيث تشير الدراسات الاثرية والبيولوجية الى ان هذا النبات تم تدجينه منذ الاف السنين من طرف الحضارات القديمة مثل حضارة الانكا[10]. وتتميز هذه المناطق بظروف بيئية قاسية نسبيا من حيث الارتفاع الكبير عن سطح البحر والانخفاض الملحوظ في درجات الحرارة والتذبذب الحراري اليومي، وهو ما ساهم في تطور صفات فسيولوجية مميزة لدى البطاطا، من بينها القدرة على تخزين كميات كبيرة من النشا داخل الدرنات، والتكيف مع الاجهادات البيئية المختلفة مثل البرودة ونقص الاكسجين النسبي في المرتفعات [11]

2.I. توزع نبات البطاطا:

تم انتشار نبات البطاطا من امريكا الجنوبية الى القارة الاوروبية خلال القرن السادس عشر، وذلك في سياق التبادلات البيولوجية التي رافقت الاكتشافات الجغرافية، خاصة بعد وصول الاسبان الى العالم الجديد. وقد تم ادخال هذا النبات الى اسبانيا في البداية، قبل ان ينتشر تدريجيا الى باقي الدول الاوروبية مثل ايطاليا وفرنسا والمانيا [12] وابتداء من القرن الثامن عشر، شهدت البطاطا انتشارا واسعا خارج القارة الاوروبية لتصل الى مختلف مناطق العالم، حيث ساهمت عوامل متعددة في هذا الانتشار، من بينها قدرتها الكبيرة على التكيف مع مختلف الظروف المناخية، وارتفاع مردودها مقارنة بالعديد من المحاصيل التقليدية، فضلا عن سهولة زراعتها نسبيا [13]، وقد تم ادخال البطاطا أيضا الى قارات اسيا وافريقيا وامريكا الشمالية، حيث تم تبنيها بسرعة ضمن الانظمة الزراعية المحلية، خاصة في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد

الغذائية. وفي العالم العربي، دخلت البطاطا خلال فترات التوسع الاستعماري الاوروبي، حيث تم نقل تقنيات زراعتها الى بلدان شمال افريقيا مثل الجزائر وتونس والمغرب، قبل ان تنتشر لاحقا الى باقي الدول العربية . [14]

وفي الجزائر، تطورت زراعة البطاطا بشكل ملحوظ بعد الاستقلال، حيث اصبحت من المحاصيل الاستراتيجية التي تساهم بشكل كبير في تلبية الطلب الغذائي للسكان، كما تم ادماجها في السياسات الزراعية الهادفة الى تحقيق الاكتفاء الذاتي وتعزيز الامن الغذائي[15]. حيث توضح **الوثيقة (1)** الإنتاج العالمي لنبات البطاطا حسب بلد المنشأ بالمليون طن MT سنة 2023.



الوثيقة (1): إنتاج وإنتشار البطاطا العالمي في عام 2023 حسب بلد المنشأ [16]

I.3. الاهمية التاريخية للبطاطا في الامن الغذائي:

للبطاطا دورا اساسي في دعم الامن الغذائي عبر مختلف المراحل التاريخية، حيث ساهمت في الحد من المجاعات وتحسين مستوى التغذية لدى العديد من الشعوب، خاصة في اوروبا خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. ويعزى ذلك الى قدرتها على انتاج كميات كبيرة من الطاقة الغذائية في وحدة مساحة صغيرة مقارنة بمحاصيل اخرى مثل القمح، بالاضافة الى احتوائها على عناصر غذائية مهمة مثل الكربوهيدرات والفيتامينات والمعادن[17]. غير ان الاعتماد المفرط على البطاطا كمصدر غذائي وحيد قد يؤدي الى مخاطر كبيرة كمرض السكري او السمنة او غيره[12]. وعلى المستوى العالمي المعاصر، تحتل البطاطا مكانة متقدمة ضمن المحاصيل الغذائية، حيث تعتبر ثالث اهم محصول بعد القمح والارز، وتدخل

ضمن الاستراتيجيات الدولية الرامية الى تحقيق الامن الغذائي، خاصة في الدول النامية التي تسعى الى تحسين انتاجيتها الزراعية وضمان استقرار امدادات الغذاء. [18]

I.4. زراعة نبات البطاطا:

1. عالميا:

للبطاطا مكانة بارزة ضمن المحاصيل الغذائية، حيث تحتل المرحلة الرابعة بعد القمح والذرى والارز اقتصاديا[19]. وتشير الاحصائيات الحديثة لمنظمة الاغذية والزراعة (FAO) سنة 2024 الى ان الانتاج العالمي للبطاطا يتجاوز 370 مليون طن سنويا، مع تركز الانتاج في عدد محدود من الدول التي تتوفر فيها ظروف زراعية ملائمة وتقنيات انتاج متطورة. وتتصدر الصين قائمة الدول المنتجة عالميا بفارق كبير، تليها الهند، ثم دول اخرى مثل روسيا واوكرانيا والولايات المتحدة. ويعزى هذا الترتيب الى عدة عوامل، من بينها المساحات الزراعية الواسعة، وتوفر الموارد المائية، واعتماد تقنيات حديثة في الزراعة والري والتسميد[20]

كما يلاحظ ان زراعة البطاطا تعرف توسعا ملحوظا في الدول النامية، خاصة في آسيا حيث تظل آسيا المنطقة الأكثر انتاجا للبطاطا حيث تمثل 52.6% من الإنتاج العالمي، و54.1من المساحة المزروعة. كما شهدت أوروبا وأمريكا الشمالية انخفاظا في المساحة المزروعة في سنة2024، بينما أوروبا سجلت أرقاما إيجابية سنة2024. أما في إفريقيا ارتفعت المساحة المزروعة بنسبة 0.6% مع انخفاظ طفيف في الإنتاج، بينما سجلت أوقيانيا 0.5%. [21] **الجدول (1)**

الجدول (1): الإنتاج العالمي حسب القارات FAO [21]

القارة	الإنتاج (مليون طن)	المساحة المزروعة (مليون هكتار)	متوسط الانتاجية (طن/هكتار)
آسيا	205.3	9.23	22.2
أوروبا	57.6	3.48	16.5
أمريكا الشمالية	35.7	0.74	48.2
أمريكا الجنوبية	28.4	0.87	32.6
أوقيانوسيا	1.85	0.043	42.7
إفريقيا	34.2	2.22	15.4
أمريكا الوسطى	27.6	0.53	52.1

2. في الجزائر ومنطقة وادي سوف:

تحتل البطاطا مكانة مهمة ضمن القطاع الزراعي في الجزائر، حيث تعد من المحاصيل الاستراتيجية التي تحظى باهتمام كبير من طرف الدولة، نظرا لدورها في تلبية الطلب الغذائي للسكان[14]. حيث شهدت الجزائر دخول زراعة محصول البطاطا في القرن السادس عشر على يد الأندلسيين إلا أن إنتاجها ظل محدوداً في البداية رغم القحط، ومع حلول النصف الثاني من القرن التاسع عشر، بدأ المعمرون بالاهتمام بهذا المحصول، وتحديداً في الفترة الممتدة بين (1930 – 1940) إثر المجاعة الكبرى التي عصفت بالمنطقة، مما دفع الجزائريين إلى التوجه نحو زراعة البطاطا والاهتمام بها كمحصول غذائي هام[19]

اما في منطقة واد سوف تختلف وضعية زراعة البطاطا تبعا لخصوصيات كل منطقة من حيث المناخ والتربة والموارد المائية والتقنيات المستعملة. ففي المناطق الصحراوية مثل واد سوف، تعتمد الزراعة بشكل كبير على الري الجوفي، وتتميز التربة بكونها رملية جيدة التهوية، مما يساعد على نمو الدرنات بشكل منتظم، لكنه يتطلب في المقابل تحكما دقيقا في الري والتسميد لتفادي فقدان العناصر الغذائية. كما تتميز هذه المناطق بارتفاع درجات الحرارة، وهو ما يفرض اختيار اصناف متحملة للحرارة وتنظيم مواعيد الزراعة لتفادي فترات الاجهاد الحراري[22].

حيث كان الإنتاج الزراعي للبطاطا في ولاية وادي سوف يفوق 10.5 مليون قنطار (1.05مليون طن) خلال السنة الفلاحية 2025_2026 على مساحة أكثر من35 ألف هكتار، وتشتهر زراعة البطاطا في أغلب بلديات ولاية الوادي التي تتميز بالطابع الفلاحي من بينهم (حاسي خليفة، المقرن، الطريفاوي، تغزوت، الرقيبة، الدبيلة، ورماس، اميه ونسة، وادي العلندة، النخلة) وذلك لتميزها بأنها مساحات واسعة ولها قدرات إنتاجية عالية، حيث تتصدر 5 بلديات أكثر من 90% من اجمالي انتاج البطاطا في الولاية هم (حاسي خليفة، ورماس، تغزوت، الرقيبة، النخلة). (136)

5.I. أهمية نبات البطاطا:

تحتل البطاطا (*Solanum tuberosum*) مكانة بارزة ضمن المحاصيل الزراعية العالمية نظرا لقيمتها الاقتصادية والغذائية العالية، حيث تعد من أكثر النباتات انتشارا واستهلاكا في مختلف دول العالم. وترتبط اهميتها بقدرتها على تحقيق مردود مرتفع في وحدة المساحة، اضافة الى غناها بالمكونات الغذائية الاساسية، مما يجعلها عنصرا محوريا في النظم الزراعية والغذائية الحديثة، خاصة في الدول التي تسعى الى تحقيق الامن الغذائي [23]، كما تعتبر البطاطا من أهم المحاصيل الاستراتيجية في النظم الزراعية والغذائية في

مختلف أنحاء العالم وتلعب دورا أساسيا في تحقيق الأمن الغذائي بدورها غذاءً أساسيا يعتمد عليه مليارات البشر [21]

وتعد البطاطا كذلك مصدرا مهما للدخل بالنسبة للفلاحين، خاصة في النظم الزراعية المكثفة، حيث تحقق مردودية اقتصادية جيدة عند توفر شروط الزراعة الملائمة من حيث التسميد والري ومكافحة الامراض. كما تساهم في خلق فرص عمل في مختلف مراحل السلسلة الانتاجية، بدءا من الزراعة والحصاد، مرورا بالتخزين والنقل، وصولا الى التسويق والتصنيع الغذائي. ويعزز هذا الدور الاقتصادي من اهمية البطاطا في التنمية الزراعية والريفية، خاصة في البلدان النامية[24]. كما تدخل أيضا في العديد من الصناعات الغذائية، مثل انتاج رقائق البطاطا والبطاطا نصف المقلية والنشاء الصناعي. وتعد نسبة المادة العضوية الجافة ومحتوى النشاء من العوامل المحددة لجودة البطاطا الصناعية، حيث تفضل الاصناف ذات المحتوى النشوي المرتفع في هذا المجال. كما تستعمل البطاطا في بعض الصناعات غير الغذائية، مثل انتاج الكحول الحيوي، وهو ما يزيد من قيمتها الاقتصادية. [19]

6.I. المحتوى والقيمة الغذائية لنبات البطاطا:

تتميز درنات البطاطا بتركيب كيميائي متوازن يضم مكونات كبرى وصغرى ذات أهمية غذائية تحتوي أساسا على نسبة مرتفعة من الماء تساهم في العمليات الحيوية وتؤثر على جودة التخزين، بينما يشكل النشاء المكون الرئيسي للمادة الجافة ومصدر الطاقة الأساسي، حيث يحدد خصائصها الفيزيائية والغذائية. توجد البروتينات بنسبة منخفضة لكنها ذات قيمة غذائية جيدة، إضافة إلى الألياف التي تحسن الهضم خاصة في القشرة.[12]

كما تحتوي البطاطا على نسبة مرتفعة من الكربوهيدرات خاصة في شكل نشاء ويساهم هذا في تزويد الجسم بالطاقة اللازمة للوضائف الحيوية مما يجعل البطاطا غذاءً أساسيا في العديد من الانظمة الغذائية[25]. وتحتوي أيضا على مجموعة من الفيتامينات المهمة، خاصة فيتامين C الذي يلعب دورا اساسيا في تعزيز الجهاز المناعي كمضاد للأكسدة، والمساهمة في التفاعلات الحيوية داخل الجسم، اضافة الى مجموعة فيتامينات B التي تدخل في عمليات الايض وانتاج الطاقة. وتختلف نسب هذه الفيتامينات حسب الصنف وظروف التخزين والمعالجة، الا انها تبقى عنصرا غذائيا مهما ضمن التركيب الكيميائي للبطاطا[23]. وتعد البطاطا مصدرا مهما للعناصر المعدنية، وعلى راسها البوتاسيوم الذي يساهم في تنظيم التوازن المائي داخل الجسم، ودعم الوظائف العصبية والعضلية. كما تحتوي على كميات من عناصر اخرى مثل المغنيسيوم والفسفور والحديد، وهي عناصر ضرورية لعدة وظائف حيوية. ويعزز هذا التنوع المعدني من القيمة الغذائية للبطاطا، خاصة عند استهلاكها بطرق طهي تحافظ على محتواها الغذائي [26]، وتجدر الاشارة الى ان

القيمة الغذائية للبطاطا لا تقتصر على العناصر الكبرى فقط، بل تشمل ايضا مركبات حيوية ثانوية فيتوكيميائية مثل المركبات الفينولية والفلافونويدات، التي تلعب دورا مضادا للأكسدة، وهو ما يجعل البطاطا عنصرا مهما ليس فقط من حيث التغذية، بل ايضا من حيث الصحة الوقائية[19]. يوضح الجدول 4 القيمة الغذائية في 100غ من البطاطا

الجدول (2): المحتوى والقيمة الغذائية في 100غ من البطاطا[27]

العنصر	الكمية	العنصر	الكمية
ماء	79.8 غ	سكروز	%0.13 – %0.68
نشاء	%12.6 – %18.2	أسبرجين	110 مغ
بروتين	%2.1 – %0.6	بوليفينول	441 – 123 مغ
الكربوهيدرات	17 غ	الكاروتينيات	2 – 0.05 مغ
الدهون	%0.075 – %0.2	الثيامين	0.2 – 0.02 مغ
أملاح معدنية	%1	نيتروجين	%0.2 – %0.4
الحديد	0.8 مغ	فسفور	60 – 30 مغ
النحاس	0.16 مغ	الفيتامينات	
المنغنيز	0.17 مغ	B1	0.11 مغ
البوتاسيوم	564 – 280 مغ	B2	20.04 مغ
المغنيسيوم	18 – 14 مغ	B3	31.2 مغ
زنك	0.3 مغ	B6	60.2 مغ
جلوكوز	%0.6 – %0.01	C	13 مغ
فركتوز	%0.6 – %0.01	E	0.1 مغ

I.7. التصنيف العلمي لنبات البطاطا:

يصنف نبات البطاطا ضمن النظام النباتي وفق الاسم العلمي *Solanum tuberosum L.*، حيث يشير هذا الاسم إلى الجنس *Solanum* والنوع *tuberosum*، بينما يرمز الحرف L. إلى لينيوس الذي ثبت هذه التسمية سنة 1753[22]. وتنتمي البطاطا إلى المملكة النباتية، كما تُصنَّف ضمن كاسيات البذور، وتنتمي أيضا إلى ثنائيات الفلقة الحقيقية التي تتميز بخصائص بنيوية وزهرية محددة. وتندرج ضمن رتبة (*Solanales*)التي تضم الفصيلة الباذنجانية (Solanaceae)[20]. وهي فصيلة واسعة تضم عدداً كبيراً من الأجناس والأنواع، وتتميز بأهميتها الغذائية والاقتصادية[14] و بصفات عامة منها كون نباتاتها عشبية أو شجيرية غالباً، ذات أوراق مركبة، وأزهار خنثى منتظمة ذات أجزاء ملتحمة، ومبيض علوي. كما تتنوع ثمارها بين العنبية والعلبية، وتحتوي على مركبات قلويدية ذات أهمية فسيولوجية ودوائية[11]

كما يُعد جنس *Solanum* من أكبر الأجناس داخل هذه الفصيلة، وتندرج البطاطا المزروعة ضمن النوع *Solanum tuberosum* L. الذي يشكل الأساس لجميع الأصناف الزراعية[13]. توجد أيضاً صيغة تصنيفية تقليدية تصنف البطاطا ضمن رتبة (*Polemoniales*)، لكنها تعود إلى تصنيفات قديمة تعتمد على الصفات الزهرية الظاهرية، في حين يعتمد التصنيف الحديث رتبة (*Solanales*) باعتبارها الأدق علمياً [17].

الجدول (3)

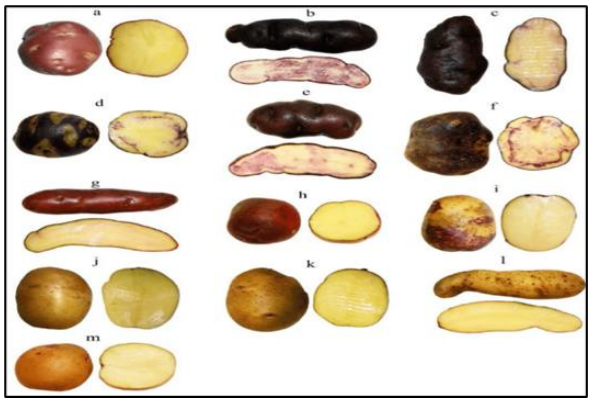
الجدول (3): التصنيف العلمي لنبات البطاطا [18]

التصنيف	المستوى التصنيفي
المملكة	Plantae (النباتات)
الشعبة	Angiospermes (كاسيات البذور)
الطائفة	Eudicotyledones (ثنائيات الفلقة الحقيقية)
الرتبة	Solanales (الباذنجانيات)
الفصيلة	Solanaceae (الباذنجانية)
الجنس	Solanum
النوع	*Solanum tuberosum* L

I.8. أصناف نبات البطاطا:

تصنف اصناف البطاطا حسب طبيعة الاستعمال ومدة النمو. فمن حيث الاستعمال، توجد اصناف موجهة للاستهلاك الطازج تتميز بجودة القوام والمذاق، واصناف صناعية تتميز بارتفاع المادة الجافة والنشاء وانخفاض السكريات المختزلة، وهو ما يؤثر على خصائصها الكيميائية. اما من حيث مدة النمو، فتنقسم الى اصناف مبكرة ومتوسطة ومتأخرة، حيث تتميز المبكرة بسرعة النضج وانخفاض نسبي في المردود، بينما تسمح المتأخرة بتراكم أكبر للمادة الجافة وزيادة الانتاج، وتجمع المتوسطة بين الخصائص، ويرتبط هذا التصنيف بخصائص فسيولوجية مثل سرعة التركيب الضوئي وتراكم المواد الاحتياطية[28].

يعد صنف سبونتا من الاصناف التجارية الواسعة الانتشار، خاصة في منطقة البحر المتوسط وشمال افريقيا، ويتميز بدرنات كبيرة ممدودة ذات قشرة صفراء فاتحة ولب فاتح، مما يجعله مناسبا للاستهلاك الطازج، كما يمتاز بقدرته على التكيف مع الظروف شبه الجافة. ويعرف ايضا بمردوده المرتفع وسرعة نموه النسبية، مما يجعله ضمن الاصناف المبكرة الى المتوسطة، ويسمح باستعماله في دورات زراعية مختلفة[26].
كما توضح **الوثيقة (2)** التنوع في شكل ولون نبات البطاطا



الوثيقة(2): التنوع في شكل ولون أصناف نبات البطاطا [29]

I.9. الوصف المورفولوجي لنبات البطاطا:

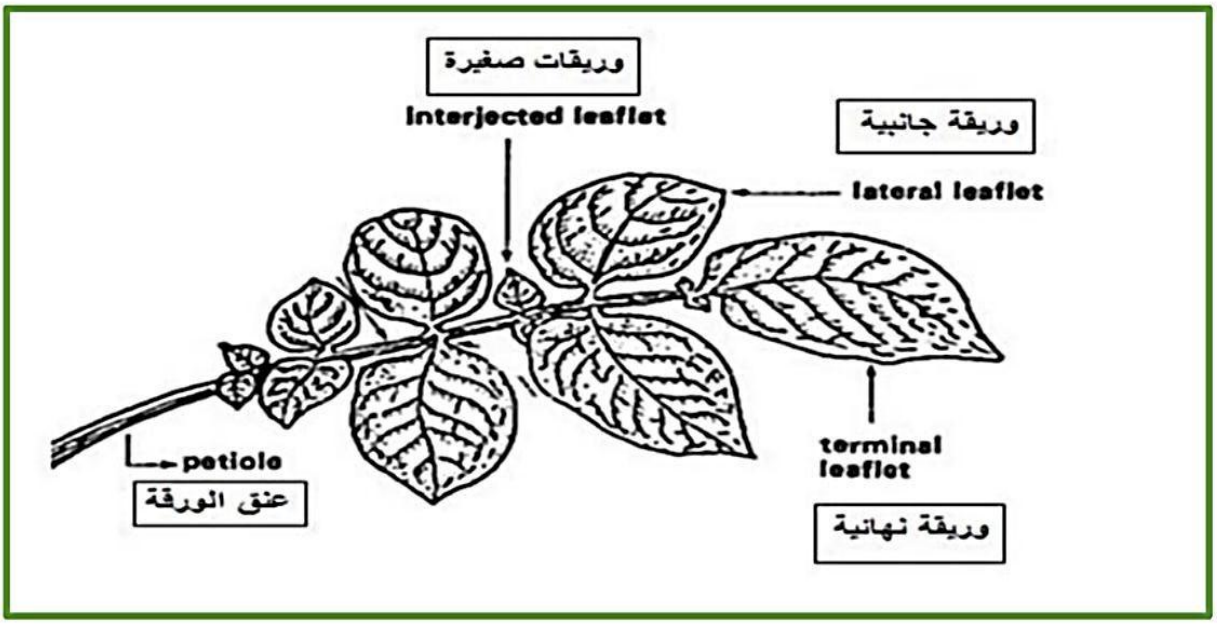
تُصنَّف البطاطا (*Solanum tuberosum*) كنبات ثنائي الفلقة، حولي بالنسبة لأجزائه الهوائية التي تكتمل دورة حياتها خلال موسم زراعي واحد، ومعمرا بالنسبة للدرنات الأرضية المتكونة تحت سطح التربة، مما يستلزم تجديد الزراعة سنوياً؛ ويتألف النبات من: جذور، ساق، أوراق، أزهار، ثمار، بذور، كما فترة النمو الخضري طور تكوين السواق الأرضية طور وضع الدرنات الأولي، طور الإزهار والإباضة وطور تكوين الدرنات النهائي[30]

1. الساق

تمثل الساق البنية المركزية التي تضمن التكامل الوظيفي بين مختلف اعضاء النبات، حيث تؤدي دورا مزدوجا يتمثل في الدعم الميكانيكي والنقل الداخلي للمواد. تكون الساق في البطاطا عشبية خضراء في المراحل الاولى، وتحتوي على عقد وسلاميات تحمل الاوراق والبراعم الجانبية، كما تتفرع لتعطي مجموعا خضريا كثيفا[24] و تحتوي الساق على جهاز وعائي متطور يتكون من الخشب المسؤول عن نقل الماء والعناصر المعدنية من الجذور الى الاوراق، واللحاء المسؤول عن نقل نواتج التمثيل الضوئي نحو الاعضاء المستهلكة والمخزنة. ويعد هذا النقل ضروريا لتغذية الدرنات بالمواد العضوية اللازمة لتراكم النشاء. كما أن من الخصائص المميزة لنبات البطاطا وجود سيقان ارضية تعرف بالسيقان الارضية، وهي تراكيب افقية تنشأ من العقد السفلية للساق وتنمو داخل التربة. وتلعب هذه السيقان دورا اساسيا في تكوين الدرنات، حيث تتضخم نهاياتها نتيجة تراكم المواد العضوية. وتخضع هذه العملية لتنظيم فسيولوجي معقد يرتبط بالضوء والحرارة والهرمونات النباتية[17].

2. الأوراق

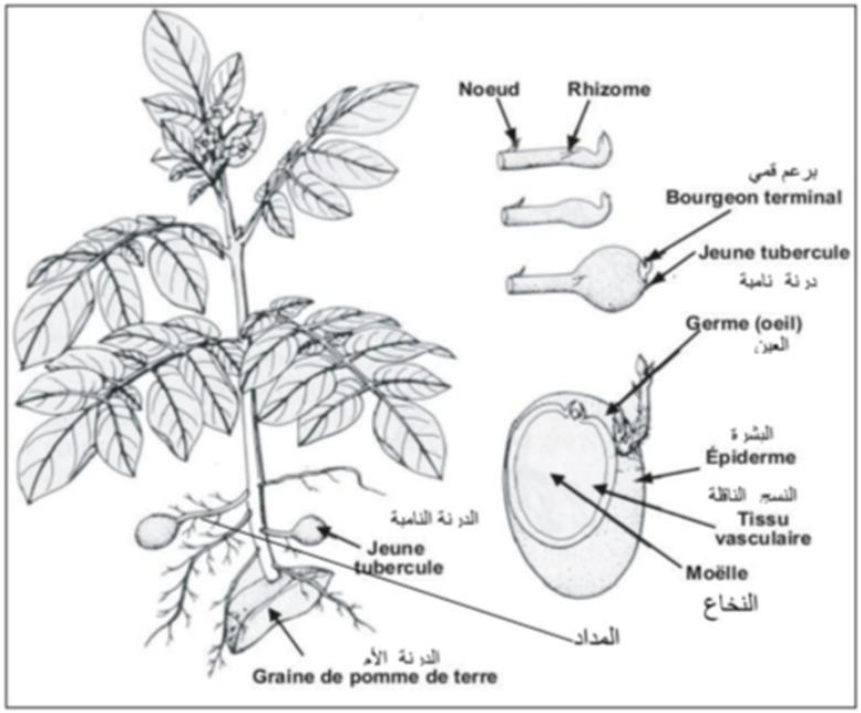
تعد الاوراق العضو الرئيسي المسؤول عن تثبيت الكربون في النبات، حيث تتم فيها عملية التمثيل الضوئي التي تشكل اساس تكوين المادة العضوية. وتتميز اوراق البطاطا بكونها مركبة ريشية غير منتظمة، حيث تتكون من وريقات رئيسية واخرى ثانوية متفاوتة الحجم، مرتبة بشكل متبادل على الساق، مما يزيد من المساحة السطحية المعرضة للضوء ويعزز كفاءة الامتصاص الضوئي[23] و من الناحية التشريحية، تتكون الورقة كما هي موضحة في **الوثيقة (3)** من بشرة علوية وسفلية تحتوي على ثغور مسؤولة عن المبادلات الغازية اليخضورية، ونسيج عمادي غني بالبلاستيدات الخضراء، حيث يتم الجزء الاكبر من التمثيل الضوئي، ونسيج اسفنجي يسمح بانتشار الغازات داخل الورقة. وتحتوي البلاستيدات على صبغة اليخضور التي تمتص الضوء وتستعمله في تحويل ثاني اكسيد الكربون والماء الى سكريات[25]



الوثيقة (3): ورقة نبات البطاطا [31]

3. السيقان الأرضية (المدادات)

تعرف المدادات بأنها سيقان أسطوانية تنمو تحت سطح التربة بشكل أفقي، وتتميز بوجود أوراق حرشفية صغيرة موزعة حلزونياً، بالإضافة إلى براعم إبطية وطرفية. **(الوثيقة 4)** يتأثر طول هذه السيقان بالعوامل البيئية والخصائص الوراثية للصنف، حيث يتراوح طولها غالباً بين 2.5 و45 سم. وفي نهاية هذه السيقان، تلتوي القمة نحو الأسفل لتبدأ عملية تكوين الدرنات نتيجة التضخم النسيجي في نهاياته [19]



الوثيقة (4): السيقان الأرضية وتكون الدرنة في نبات البطاطا

4. الدرنات

تعد الدرنات اهم عضو في نبات البطاطا من الناحية الزراعية والاقتصادية، وهي عبارة عن سيقان ارضية متحورة تنشأ من تضخم نهايات السيقان الارضية وتتميز بقدرتها العالية على تخزين النشاء داخل خلايا برنشيمية متخصصة[20]. كما تحمل الدرنات على سطحها عيونا، وهي براعم تمثل نقاط نمو قادرة على اعطاء نباتات جديدة. ويحدد توزيع هذه العيون شكل الدرنة وعدد السيقان الناتجة عند الزراعة. وتختلف الدرنات في الشكل والحجم واللون حسب الصنف والظروف البيئية. كذلك تعتبر الدرنات مركزا لتجميع المواد العضوية، حيث يتم نقل السكريات المصنعة في الاوراق عبر اللحاء، ثم تحويلها الى نشاء داخل خلايا الدرنة. وتخضع هذه العملية لتنظيم دقيق يتأثر بالعوامل البيئية مثل الحرارة وطول النهار، وكذلك بالحالة الغذائية للنبات. [14]

5. الأزهار

تمثل الازهار الجهاز التكاثري في البطاطا، رغم ان التكاثر في الزراعة يتم غالبا بشكل خضري. تظهر الازهار في شكل نورات طرفية، وتتكون من اعضاء تكاثرية ذكرية وانثوية، مما يجعلها ازهارا خنثى. وتضم الزهرة اسدية تنتج حبوب اللقاح، ومدقة تحتوي على المبيض[28] (الوثيقة 5)

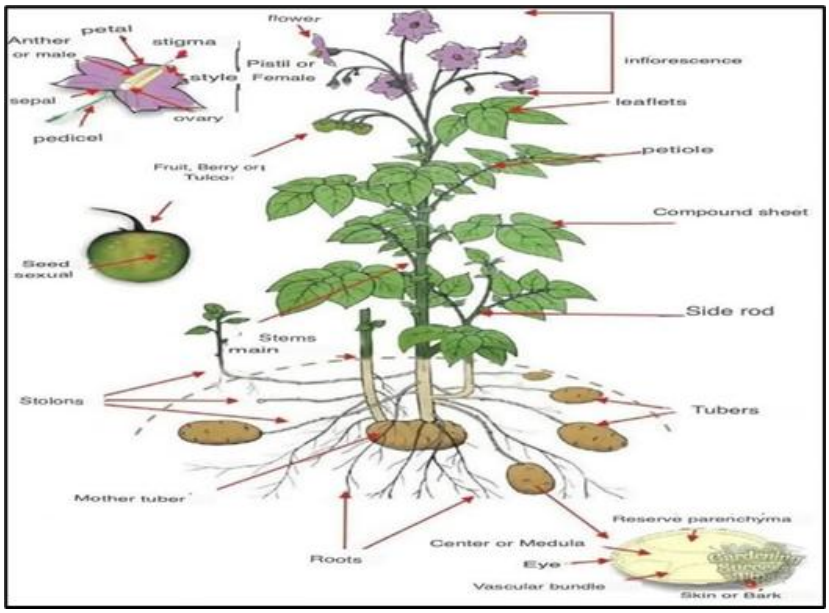
الوثيقة (5): زهرة نبات البطاطا[32]

6. الثمار والبذور

تُعد ثمار نبات البطاطا لينة الملمس، كروية أو بيضاوية الشكل، وقطرها يتراوح بين 1–3 سم. تكون بلون أخضر وبني أرجواني، ثم تتحول إلى اللون الأصفر عند النضج، وتحتوي على عشرات البذور الصغيرة المسطحة ذات الشكل الكروي [32]

7. الجذور

يتميز الجهاز الجذري في البطاطا بكونه ليفيا وسطحيا نسبيا، حيث يتركز في الطبقات العليا من التربة، مما يجعل النبات حساسا نسبيا لنقص الماء. وتتكون الجذور من جذور رئيسية ثانوية وشعيرات جذرية تزيد من مساحة الامتصاص. تتم عملية امتصاص الماء عن طريق الخاصية الاسموزية، بينما يتم امتصاص العناصر المعدنية عبر النقل النشط والانتشار، وتلعب الاغشية الخلوية دورا مهما في تنظيم دخول هذه العناصر. وتوفر الجذور الماء اللازم للحفاظ على الضغط الامتلائي، الذي يعد اساسيا لتمدد الخلايا ونموها[25]. والوثيقة (6) توضح المظهر العام لنبات البطاطا



الوثيقة (6): المظهر العام لنبات البطاطا [12]

I.10. دورة حياة نبات البطاطا:

يمر نبات البطاطا *(Solanum tuberosum)* بدورة نمو متكاملة تتضمن مراحل فينولوجية متعاقبة، تتحكم فيها عوامل داخلية مرتبطة بالتنظيم الهرموني للنبات، وعوامل خارجية مثل الحرارة، الضوء، الماء، وخصائص التربة. وتتميز هذه الدورة بوجود تداخل نسبي بين المراحل، حيث لا تكون الحدود بينها فاصلة بشكل صارم، بل يحدث انتقال تدريجي من مرحلة الى اخرى. كما تلعب العمليات الفسيولوجية دورا محوريا في توجيه تدفق المواد العضوية وتوزيعها بين الاجزاء المختلفة للنبات، خاصة خلال مرحلة تكوين الدرنات.[11]

1. مرحلة السكون والتخزين

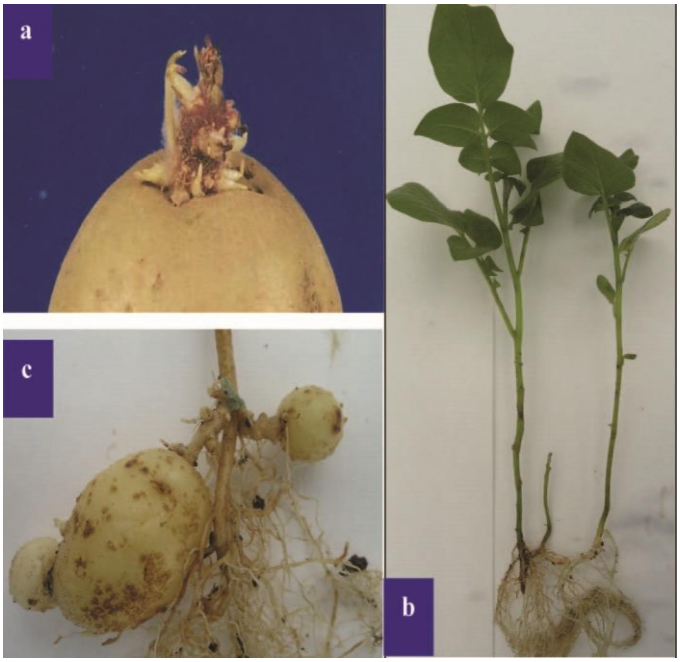
تمثل مرحلة السكون في درنات البطاطا طورا فسيولوجيا تتوقف خلاله البراعم عن النمو رغم توفر الظروف الملائمة، ويعود ذلك إلى تنظيم هرموني داخلي يتميز بارتفاع مستوى حمض الأبسيسيك وانخفاض الجبريلينات، إضافة إلى عوامل وراثية وبيئية مثل درجة الحرارة وظروف ما قبل الحصاد. تستمر هذه المرحلة لفترة محددة تختلف حسب الصنف، وتعد ضرورية للحفاظ على جودة الدرنات ومنع الإنبات المبكر[22]. بعد انتهاء السكون تبدأ مرحلة التخزين، حيث تخزن الدرنات في ظروف مضبوطة من حيث درجة الحرارة والرطوبة والتهوية للحد من فقدان الماء وتقليل النشاط التنفسي وتأخير الإنبات. وخلال التخزين تحدث تغيرات بيوكيميائية مثل تحول جزء من النشاء إلى سكريات بسيطة، مما قد يؤثر على الجودة التكنولوجية

خاصة في عمليات القلي، لذلك يعد التحكم في ظروف التخزين عاملا أساسيا للحفاظ على القيمة الغذائية والتجارية للبطاطا .[14]

2. مرحلة نمو البراعم (الانبات)

تعد مرحلة الانبات بداية النشاط الحيوي لنبات البطاطا، حيث تنتقل الدرنة من حالة السكون الى النمو النشط، وذلك بتنشيط العيون التي تحتوي على انسجة مرستيمية قادرة على الانقسام. ومع توفر الظروف المناسبة، تنمو براعم هوائية نحو سطح التربة وتتكون جذور عرضية من قاعدة هذه البراعم[20]، وتعتمد الدرنة خلال هذه المرحلة على مخزونها من النشاء الذي يتحلل انزيميا الى سكريات بسيطة تستعمل كمصدر للطاقة في التنفس الخلوي وكمواد لبناء خلايا جديدة، وتزداد سرعة هذه العمليات مع ارتفاع درجة الحرارة ضمن المجال الملائم[17].

كما تتأثر عملية الانبات بعدة عوامل بيئية، حيث تعد درجة الحرارة بين 15 و25 درجة مئوية مثلى، بينما يؤدي انخفاضها الى بطء الانبات وارتفاعها الى اجهاد الدرنة. كما تؤثر رطوبة التربة في امتصاص الماء الضروري، غير ان زيادتها قد تسبب نقص الاكسجين وتعفن الدرنات. وتعد تهوية التربة عاملا اساسيا لتوفير الاكسجين اللازم للأيض، كما تؤثر جودة الدرنات على نجاح الانبات، حيث تعطي الدرنات السليمة والمتوسطة الحجم نموا اكثر تجانسا مقارنة بالدرنات الصغيرة او المصابة.[11] **والوثيقة (7)** توضح المراحل الفسيولوجية لنبات البطاطا

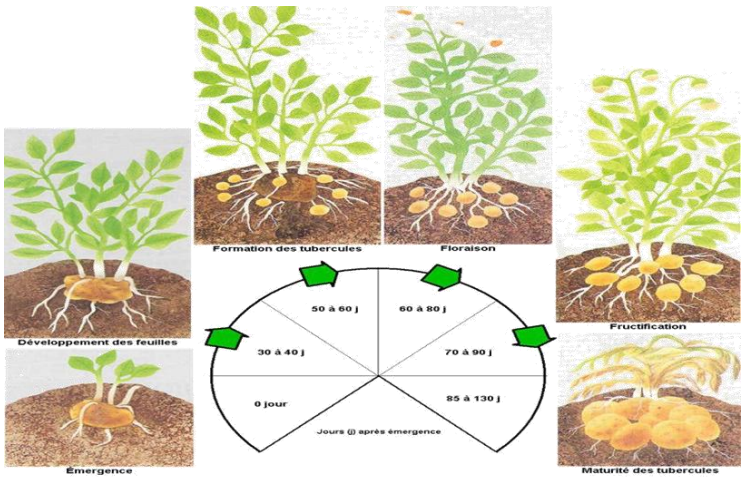


الوثيقة (7): مرحلة الانبات وتكوين الدرنات [33]

3. مرحلة النمو الخضري

تلي مرحلة الانبات مرحلة النمو الخضري، وتتميز بتطور سريع للأجزاء الهوائية خاصة الاوراق والسيقان، مع زيادة واضحة في المساحة الورقية مما يرفع كفاءة التمثيل الضوئي وتحويل الطاقة الضوئية الى مواد عضوية[22]

تتكون الاوراق بشكل متتابع وتقوم بامتصاص الضوء وثاني اكسيد الكربون، بينما تمتص الجذور الماء والعناصر المعدنية عبر المنطقة الوبرية، وتنقل هذه المواد عبر الاوعية الخشبية على شكل نسغ ناقص. ويتم تصنيع المواد العضوية في الاوراق ثم نقلها الى باقي اجزاء النبات على شكل نسغ كامل لتغذية مناطق النمو. تتميز هذه المرحلة بزيادة الكتلة النباتية نتيجة نشاط الانقسام والاستطالة، مع تطور متوازن للأجزاء الهوائية والجذرية، كما تتشكل السوق الارضية التي تمهد لتكوين الدرنات.[14] كما تتأثر مرحلة النمو الخضري بالعوامل البيئية، حيث تعزز الاضاءة كفاءة التمثيل الضوئي، وتؤثر درجة الحرارة المعتدلة في سرعة النمو، كما يلعب التوازن الغذائي دورا مهما خاصة توفر النيتروجين الذي يدعم النمو الخضري، في حين تؤدي زيادته الى تأخير تكوين الدرنات[11] تمثل **الوثيقة (8)** دورة مرحلة النمو الخضري لنبات البطاطا

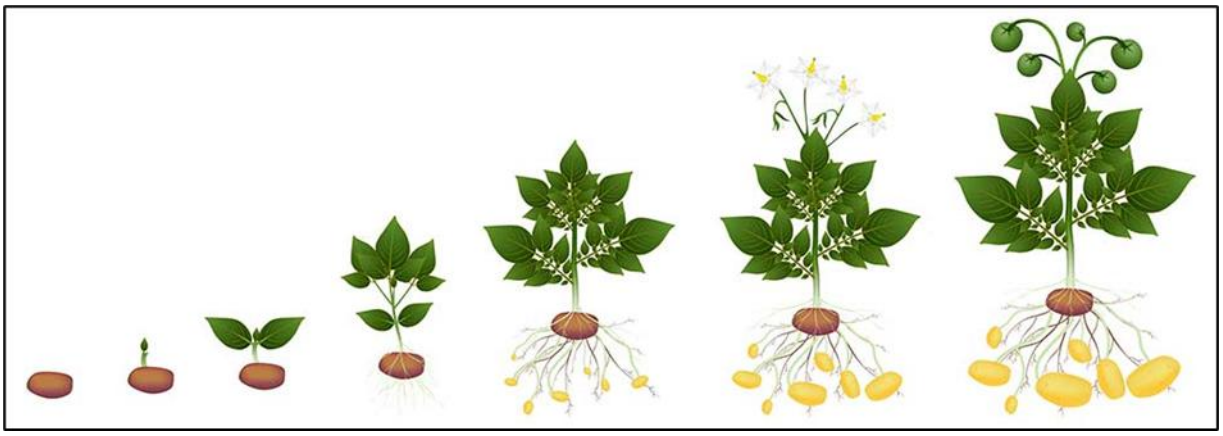


الوثيقة (8): دورة مرحلة النمو الخضري لنبات البطاطا [34]

4. مرحلة الإزهار والنمو الثمري

تمثل هذه المرحلة انتقال النبات من النمو الخضري الى النمو التكاثري، حيث تظهر الازهار على قمم السيقان، مما يدل على تحول النشاط الحيوي نحو الوظائف التكاثرية، رغم ان البطاطا تستغل زراعيا عبر الدرنات وليس البذور[13]، وتتزامن هذه المرحلة مع بداية تكوين الدرنات، حيث تتحول السيقان الارضية تدريجيا الى درنات نتيجة تضخم نهاياتها بفعل تراكم المواد العضوية خاصة النشاء المنقول من الاوراق،

وتخضع هذه العملية لتنظيم هرموني يؤثر في تحفيز او تثبيط التدرن.[14] يتأثر تكوين الدرنات بالعوامل البيئية، حيث تحفز الايام القصيرة والحرارة المعتدلة هذه العملية، بينما يؤدي ارتفاع الحرارة او طول النهار الى تأخيرها، كما يعد توفر الماء بشكل منتظم ضروريا لضمان نمو سليم للدرنات .تستمر الدرنات في النمو عبر تراكم المواد الاحتياطية، مما يؤدي الى زيادة حجمها ووزنها، وتصبح العضو الرئيسي لتخزين الطاقة، بينما يتراجع المجموع الخضري تدريجيا مع تقدم النبات نحو مرحلة النضج.[11] تبين **الوثيقة (9)** مراحل النمو الخضري والثمري عند البطاطا



الوثيقة (9): مراحل النمو الخضري والثمري عند البطاطا

I.11. الاحتياجات الزراعية لنبات البطاطا:

تتأثر البطاطا بمجموعة من العوامل البيئية التي تتحكم في توازنها الفسيولوجي وتوزيع نواتج التمثيل الضوئي نحو الدرنات، ويؤدي اي تغير في هذه العوامل الى اضطراب في النمو او التدرن، مما ينعكس على المردود [13]

1. الاحتياجات المناخية:

- **الحرارة:** تعد الحرارة عاملا اساسيا في النشاط الحيوي، حيث تكون الدرجة المثلى لنمو درنات البطاطا بين 18 و25 درجة مئوية، بينما يؤدي ارتفاعها الى زيادة التنفس وانخفاض تراكم النشاء، وتسبب البرودة بطء النمو واضطراب العمليات الحيوية[17]

- **الضوء:** نبات البطاطا يفضل النمو في الشمس، ينمو بشكل أمثل تحت فترات ضوئية طويلة تتراوح بين 14 و18 ساعة، بينما تعزَّز عملية تكوّن الدرنات فيها عند تعرّض النبات لفترات ضوئية قصيرة أقل من 12 ساعة [19]

- **الرطوبة:** نبات البطاطا من المحاصيل المحبة لرطوبة كافية ومستقرة للنمو، كما يتطلب النبات كمية وفيرة من الماء وبالأخص في مرحلة تشكيل الدرنات[19]

2. العوامل الترابية:

تلعب التربة دورا اساسيا في نمو البطاطا، حيث تفضل الترب الخفيفة جيدة الصرف والتهوية مثل الترب الرملية، لما توفره من توازن بين الماء والاكسجين الضروري للتنفس الجذري. ويؤدي تشبع التربة بالماء الى اختناق الجذور وتراكم مواد سامة تعيق النمو. كما تؤثر بنية التربة على تطور السوق الارضية، حيث تسمح التربة المفككة بتشكل درنات طبيعية، بينما تعيق التربة الثقيلة ذلك [20]

- **قوام التربة:** تنجح زراعة نبات البطاطا في التربة الرملية وذلك عند طريق الاهتمامات بالري والتسميد [35]

- **ملوحة التربة:** تعد ملوحة التربة من العوامل المحددة لنمو وإنتاج البطاطا، حيث تعتبر هذه النبتة حساسة نسبيا لارتفاع تركيز الأملاح الذائبة. تؤدي الملوحة إلى خفض الجهد المائي في التربة مما يعيق امتصاص الماء من قبل الجذور، كما تسبب اختلالا في التوازن الأيوني نتيجة تراكم عناصر مثل الصوديوم والكلور، وهو ما يؤثر سلبا على العمليات الفسيولوجية كالبناء الضوئي والنمو الجذري. وينعكس ذلك في انخفاض إنتاجية الدرنات وتدهور جودتها، لذلك تتطلب زراعة البطاطا تربة جيدة الصرف قليلة الملوحة مع إدارة مناسبة للري لتفادي تراكم الأملاح[28]

- **حموضة التربة:** تعد عاملا مهما في توفر العناصر الغذائية، حيث يكون المجال الملائم بين 5.5 و7.0، كما تؤثر على النشاط الميكروبي. وتساهم المادة العضوية في تحسين خصائص التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر ودعم النشاط الحيوي. [12]

3. الاحتياجات المائية

يعد الماء ضروريا للتفاعلات الحيوية ونقل العناصر ونواتج التمثيل الضوئي، كما يحافظ على الضغط الامتلائي وينظم نشاط الثغور. تختلف احتياجات البطاطا حسب مراحل النمو، حيث تزداد خلال مرحلة تكوين وتضخم الدرنات التي تعد الاكثر حساسية لنقص الماء، مما يؤثر على تراكم النشاء وحجم وعدد الدرنات .يؤدي الافراط في الري الى نقص الاكسجين وزيادة الامراض، لذلك يعد الري المنتظم والمتوازن ضروريا، مع ضبط كمياته حسب نوع التربة والظروف المناخية [12].

12.I. الأمراض والآفات التي تصيب نبات البطاطا وطرق مكافحتها

تتعرض البطاطا مثل باقي النباتات خلال دورة نموها لمجموعة متنوعة من الأمراض والآفات التي تؤثر بشكل مباشر على نموها وتطورها الفسيولوجي وبالتالي على مردودها الكمي والنوعي. وتنجم هذه الإصابات عن عوامل حيوية ومسببات مرضية مختلفة تشمل الفطريات والبكتيريا والفيروسات والحشرات والديدان الخيطية، حيث تختلف طبيعة تأثيرها حسب نوع العامل الممرض والظروف البيئية السائدة. [20]

وتؤدي هذه العوامل إلى اضطرابات في الوظائف الحيوية للنبات، مثل التمثيل الضوئي والنقل الداخلي للمواد، كما قد تسبب تلفا مباشرا في الأنسجة النباتية خاصة الدرنات. وتكتسي دراسة هذه الأمراض والآفات أهمية كبيرة من الناحية الزراعية، إذ تسمح بتشخيصها المبكر وتحديد وسائل مكافحتها المناسبة، سواء كانت وقائية أو علاجية، بهدف الحد من خسائر الإنتاج وضمان جودة المحصول[13] **والجدول (4)** توضح أهم الأمراض والأفات التي تصيب نبات البطاطا وطرق مكافحتها:

الجدول (4): يوضح اهم الأمراض والآفات التي تصيب نبات البطاطا (*Solanum tuberosum*) وطرق مكافحتها[13]

المرض / الآفة	العامل المسبب	الأعراض	طرق المكافحة
اللفحة المتأخرة (Mildiou)	فطر *Phytophthora infestans*	بقع بنية على الأوراق والسيقان، تعفن الدرنات	استعمال مبيدات فطرية، اختيار أصناف مقاومة، تجنب الرطوبة العالية
اللفحة المبكرة (Alternariose)	فطر *Alternaria solani*	بقع دائرية بنية مع حلقات متداخلة على الأوراق	الرش بالمبيدات الفطرية، تحسين التهوية، إزالة الأجزاء المصابة
العفن البكتيري (Pourriture bactérienne)	بكتيريا *Ralstonia solanacearum*	ذبول مفاجئ، تعفن الدرنات وانبعاث رائحة كريهة	استعمال بذور سليمة، تعقيم التربة، تجنب الإفراط في الري
الجرب العادي (Gale commune)	بكتيريا *Streptomyces scabies*	ظهور قشور خشنة على سطح الدرنات	ضبط pH التربة، الحفاظ على رطوبة معتدلة، اختيار أصناف مقاومة

فيروس التفاف الأوراق (Virus enroulement)	فيروسPLRV	التفاف الأوراق، تقزم النبات، انخفاض الإنتاج	مكافحة الحشرات الناقلة (المن)، استعمال بذور معتمدة
حشرة المن (Pucerons)	حشرات ثاقبة ماصة	امتصاص العصارة، نقل الفيروسات، اصفرار الأوراق	استعمال مبيدات حشرية، المكافحة الحيوية، المراقبة الدورية
دودة درنات البطاطا (Teigne)	حشرة *Phthorimaea operculella*	ثقوب في الدرنات، تلف داخلي	التخزين الجيد، تغطية الدرنات بالتربة، استعمال مبيدات مناسبة
الديدان الخيطية (Nématodes)	ديدان مجهرية	ضعف النمو، تشوه الجذور، انخفاض الإنتاج	الدورة الزراعية، استعمال أصناف مقاومة، تعقيم التربة

الفصل الثاني: مياه الري

I. مياه الري

تعرف مياه الري علميا بأنها الإمدادات المائية الاصطناعية الموجهة التي يتم تطبيقها على التربة لتعويض عجز الهطول المطري وتوفير الرطوبة الأساسية اللازمة لدعم العمليات الفسيولوجية والتمثيل الغذائي للنبات[36]. وهو ما توضحه **الوثيقة(10)** الذي يبين التطبيق المباشر لمياه الري عبر أنظمة التنقيط لضمان وصول المياه بدقة إلى منطقة الجذور، ولا ينحصر هذا المفهوم في التطبيق خلال موسم النمو فحسب، بل يمتد ليشمل كافة العمليات الزراعية، من إعداد الحقول، والري المسبق، ومكافحة الأعشاب، وصولاً إلى الدور الحيوي في عمليات غسل (ترشيح) الأملاح للحفاظ على سلامة التربة وتوازن نظام (التربة، والنبات والغلاف الجوي)[37].

ومن المنظور التقني، تُعد مياه الري عنصراً محورياً يتحكم في الجهد المائي للنبات، مما يسهل انتقال الماء من التربة إلى الجذور وضمان ذوبان وانتشار العناصر المعدنية، وتخضع إدارتها لنظم تقنية دقيقة سواء عبر الجاذبية أو أنظمة الضغط، كما تعمل كوسط ناقل للمغذيات والمبيدات عبر تقنيات الري التسميدي والكيماوي[37, 38]. أما من الناحية النوعية، فتتحدد صلاحية هذه المياه بناءً على تركيبها الكيميائي، خاصة تركيز الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم[39]. وفي ظل التحديات العالمية لندرة المياه، اتسع نطاق المصادر ليشمل المياه ذات الجودة الهامشية مثل المياه المالحة ومياه الصرف المعالجة، لضمان تحقيق الاستدامة والإنتاجية الزراعية المطلوبة، تماشياً مع الضرورات الاستراتيجية لتحقيق الأمن الغذائي العالمي بحلول عام 2050[40].

الوثيقة (10): نظام الري بالتنقيط: التوزيع المائي الدقيق في منطقة الجذور[41].

1.I. خصائص مياه الري:

تعرف جودة مياه الري بأنها المحصلة النهائية للخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تحدد مدى ملائمة المياه للاستخدام الزراعي وتأثيرها المباشر على نمو المحاصيل وإنتاجيتها، فضلا عن دورها في تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة على المدى الطويل[39]، إن التقييم الدقيق لهذه الخصائص يعد ركيزة أساسية لاستدامة الإنتاج الزراعي، خاصة في ظل تباين تراكيز الأملاح الذائبة الناتجة عن عمليات التجوية الطبيعية وتداخل الأنشطة البشرية[42]، ويمكن تصنيف هذه الخصائص كما يلي:

1.1.I. الخصائص الكيميائية (Chemical Characteristics)

تعد الكيمياء المائية العامل الحاسم في تحديد صلاحية المياه للري، وتتلخص في المعايير التالية:

- **الملوحة:** يقاس إجمالا باستخدام إجمالي الأملاح الذائبة (Total Dissolved Solids-TDS)أو التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity of water-EC)، وتؤدي الملوحة المرتفعة إلى رفع الضغط الأسموزي لمحلول التربة، مما يحد من قدرة الجذور على امتصاص الماء، وهو ما يعرف بالجفاف الفسيولوجي[43]
- **الصوديوم:** يتم تقييم هذا الخطر باستخدام نسبة امتصاص الصوديوم (Sodium Adsorption Ratio-SAR)، والتي تعد مؤشرا رياضيا يوضح التوازن الكيميائي بين أيونات الصوديوم (Na^{+}) من جهة، وأيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) والمغنيسيوم (Mg^{+2}) من جهة أخرى [39, 44]، فعند ارتفاع تركيز الصوديوم في مياه الري، فإنه يحل محل أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في معقد التبادل الأيوني للتربة، مما يؤدي إلى ظاهرة تشتت غرويات التربة (Soil Colloids Dispersion)؛ وهي عملية انفصال وتفكك الحبيبات الدقيقة كالطين والدبال نتيجة فقدانها للقوى الرابطة التي كان يوفرها الكالسيوم، مما ينتج عنه انسداد المسام وانخفاض حاد في نفاذية التربة للماء والهواء وتدهور بنيتها الفيزيائية على المدى البعيد[45, 46].
- **الأس الهيدروجيني والقلوية:** يتراوح المدى الأمثل للأس الهيدروجيني في مياه الري بين 6.5 و8.4[47]، تشير القيم المرتفعة غالبا إلى تركيزات عالية من الكربونات والبيكربونات، مما يعزز من ترسيب الكالسيوم ويزيد من حدة خطر الصوديوم.
- **سمية الأيونات النوعية :**قد تؤدي تراكيز معينة من أيونات الكلوريد (Cl^{-})، والصوديوم (Na^{+})، والبورون (B)إلى تراكمات سامة في أنسجة النبات، مسببة حروقاً ورقية وانخفاضاً حاداً في الغلة، خاصة في الأشجار والمحاصيل المعمرة[48].

- **المغذيات والعناصر الأثرية:** تحتوي مياه الري غالباً على مغذيات مثل النيتروجين والفسفور يمكنها دعم خصوبة التربة، ومع ذلك قد تشكل المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص خطرا بيئيا وزراعيا إذا تجاوزت الحدود المسموح بها[49].

2.1.I. الخصائص الفيزيائية

تؤثر الخصائص الفيزيائية بشكل مباشر على كفاءة أنظمة الري وتفاعلات المياه مع أسطح التربة:

- **المواد العالقة:** تؤدي المواد العالقة العضوية وغير العضوية إلى انسداد أنظمة الري الحديثة لاسيما منظمات التصرف (Emitters) في أنظمة الري بالتنقيط والرشاشات، مما يؤدي إلى تفاوت في توزيع المياه، وانخفاض كفاءة النظام، ورفع تكاليف الصيانة التشغيلية[50]

- **درجة الحرارة:** تعد عاملا فيزيائيا يؤثر في التوصيل الكهربائي للمحلول، حيث لوحظ أن التوصيل الكهربائي يزداد بنسبة تقارب 2% لكل درجة مئوية واحدة من الارتفاع في الحرارة، وهو ما يجب أخذه بعين الاعتبار عند معايرة أجهزة القياس[51].

- **العكارة واللون:** تعد مؤشرات لصفاء المياه ونقاء المجرى المائي، حيث تشير العكارة العالية إلى ضرورة إجراء معالجات أولية قبل استخدام المياه في أنظمة الري المغلقة لضمان سلامة الشبكة [52]

2.I. مصادر مياه الري:

تعرف عملية الري بأنها التطبيق الاصطناعي للمياه على التربة لتوفير الرطوبة اللازمة لنمو النبات، وهي ركيزة أساسية لتعزيز الإنتاجية الزراعية[53]، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي تتطلب إدارة دقيقة للموارد المائية لضمان الجدوى الاقتصادية[54]، وفي ظل التوقعات العالمية بزيادة الطلب على الغذاء بنسبة 60% بحلول عام 2050، أصبح تنويع مصادر الري ضرورة حتمية لمواجهة ندرة المياه العذبة[55]، ويمكن تصنيف مصادر مياه الري على طبيعتها وخصائصها إلى:

1.2.I. المصادر التقليدية

تعرف هذه المصادر بالمياه الزرقاء (Blue Water)، وهي المياه المستمدة من الموارد الطبيعية المتاحة كالأنهر والبحيرات والمياه الجوفية[56]

- **المياه السطحية:** تمثل الأنهار والبحيرات المصدر الأكثر شيوعا لأنظمة الري بالرش والري السطحي، ومع ذلك تواجه هذه المصادر تحديات بيئية متزايدة نتيجة التغير المناخي وزيادة التلوث المغذي، مما يؤدي إلى تكاثر الطحالب وإفراز سموم السيانوتوكسين (Cyanotoxins)التي قد تنتقل عبر السلسلة الغذائية[57].

- **المياه الجوفية:** تعد مصدرا حيويا، خاصة في المناطق التي تفتقر للمياه السطحية. إلا أن الاستغلال المكثف يؤدي إلى تحفيز عمليات كيميائية حيوية تطلق ملوثات طبيعية (Geogenic contaminants) مثل الزرنيخ واليورانيوم من التربة إلى المياه الجوفية[58]

I.2.2. المصادر المطرية والحصاد المائي

تشير المياه الخضراء (Green Water) الى مياه الأمطار المخزنة في التربة والمتاحة مباشرة للنبات، وهي تشكل نحو 80% من إجمالي مياه البخر نتح (Evapotranspiration)، وهو مجموع المياه المفقودة من سطح التربة بالتبخر ومن النبات بعملية النتح عالميا [59] وتعزز هذه المصادر من خلال تقنيات الحصاد المائي التي تهدف إلى التقاط وتخزين مياه الجريان السطحي للري التكميلي، مما يساهم بشكل فعال في تحسين إنتاجية المياه في المناطق المطرية[60]

I.2.3. المصادر غير التقليدية أو ذات الجودة الهامشية

عند تعذر الاعتماد الكلي على المصادر التقليدية، يتم اللجوء إلى مياه ذات جودة هامشية (Marginal quality water) التي تتطلب إدارتها معرفة تقنية متخصصة[61]:

- **مياه الصرف الصحي** :تعد موردا غير مستغل غنيا بالمغذيات كالنيتروجين والفوسفور، مما يقلل الاعتماد على الأسمدة الكيماوية. وبالرغم من فوائدها، فإنها تنطوي على مخاطر بيولوجية مثل مسببات الأمراض وملوثات ناشئة كبقايا الأدوية والمضادات الحيوية[62]

- **المياه الملحية:** مياه تحتوي على تراكيز مرتفعة من الأملاح، وتوجد في أعماق جوفية أو ناتجة عن تداخل مياه البحر، وتتطلب محاصيل متحملة للملوحة[44]

- **مياه الصرف الزراعي:** تعاد هذه المياه التي تكون غالبا محملة بالأملاح والمبيدات للري في دورات مغلقة لري محاصيل ذات قدرة عالية على تحمل الملوحة لتقليل الأثر البيئي[63]

3.I. علاقة مياه الري بالنبات:

تعد مياه الري عنصرا حيويا لا يقتصر دوره على توفير الرطوبة اللازمة لنمو النبات، بل يمتد ليشكل المحدد الرئيسي للإنتاجية الزراعية واستقرارها[54] وتتحدد العلاقة الفيزيولوجية بين النبات والماء من خلال عملية البخر نتح (ET) حيث يفقد أكثر من 99% من المياه التي تمتصه الجذور عبر النتح من أسطح الأوراق للحفاظ على التوازن الحراري للنبات والعمليات الحيوية، مما يجعل المتطلبات المائية للمحصول مرتبطة طرديا بمعدلات البخر نتح في البيئة المحيطة [36]

- **التأثير الأسموزي والإجهاد المائي**

تؤثر جودة مياه الري تأثيراً مباشراً على توازن المياه داخل النبات، فالمحتوى المرتفع من الأملاح الذائبة في مياه الري يزيد من الجهد الأسموزي (Osmotic Potential) لمحلول التربة، مما يرفع من الطاقة المطلوبة للجذور لسحب الماء، ويؤدي ذلك إلى ما يعرف بالجفاف الفسيولوجي (Physiological Drought)؛ حيث يظل الماء موجوداً في التربة، لكن النبات يعجز عن امتصاصه بسبب الضغط الأسموزي، مما يؤدي إلى ذبول النبات وانخفاض إنتاجيته حتى في وجود رطوبة ظاهرة في التربة[64]

- **السمية الأيونية واختلال التوازن النسيجي**

بالإضافة إلى الضغط الأسموزي، قد تسبب بعض الأيونات النوعية في مياه الري مثل الكلوريد Cl^- الصوديوم Na^+، والبورون B سمية مباشرة للنبات، فعند امتصاص هذه الأيونات، تنتقل مع تيار النتح لتتراكم بتركيزات عالية في أنسجة الأوراق، مما يتسبب في تدمير الكلوروفيل وحدوث حروق ورقية (Leaf Burn)، وهو ما ينعكس سلبا على كفاءة البناء الضوئي ويقلل من جودة وكمية المحصول النهائي[65]

- **التأثير الفيزيائي على نظام (التربة و النبات)**

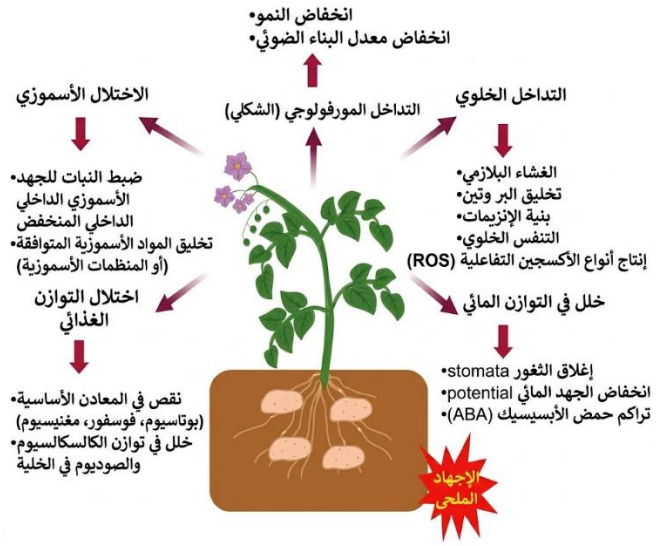
لا يقتصر دور جودة المياه على الجانب الكيميائي داخل النبات، بل يمتد للتأثير على بيئة الجذور الفيزيائية، فارتفاع نسبة الصوديوم في المياه يؤدي إلى تشتت غرويات التربة (Dispersion)، مما يسبب انسداد مسامها وتكوين قشرة سطحية تمنع نفاذية الماء والهواء، وهذا التدهور الفيزيائي للتربة يحد من انتشار الجذور النشطة ويقلل من قدرتها على استخلاص العناصر الغذائية والرطوبة، مما يضعف العلاقة التكاملية بين التربة والنبات ويؤثر على استدامة الإنتاج الزراعي [66]

I.4. مشاكل مياه الري:

تعد جودة مياه الري عاملا حاسما في استدامة الإنتاج الزراعي، حيث تتحدد صلاحية المياه بناء على تركيز وتركيب الأملاح الذائبة فيها[39]، والتي تؤثر في التفاعلات الكيميائية والفيزيائية داخل نظام التربة والنبات، فإن سوء إدارة هذه المياه يؤدي إلى ظهور مشاكل تقنية تؤدي إلى تدهور الإنتاجية على المدى الطويل[52]، ويمكن تصنيف المشاكل الرئيسية المرتبطة بجودة المياه إلى أربع فئات أساسية:

I.4.1. خطر الملوحة

يمثل خطر الملوحة، الذي يقاس بالتوصيل الكهربائي (EC) أو إجمالي الأملاح الذائبة (TDS)، المشكلة الأكثر تأثيرا على إنتاجية المحاصيل[44] وتكمن المشكلة في حدوث الجفاف الفسيولوجي (Physiological Drought) حيث يؤدي رفع الضغط الأسموزي لمحلول التربة إلى الحد من قدرة الجذور على امتصاص الماء، مما يجبر النبات على استهلاك طاقة إضافية في عمليات الضبط الأسموزي[64]، ويمكن تلخيص التأثيرات السلبية للإجهاد الملحي على مختلف أعضاء النبات والعمليات الحيوية داخل الخلية في **الوثيقة (11)**، وتظهر على النباتات المجهدة ملحيا أعراض الذبول، وتغير لون الأوراق، وزيادة سمك طبقة الشمع، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات النتح ونقص المحصول النهائي[65].



الوثيقة (11): الآثار الفسيولوجية والخلوية الناتجة عن الإجهاد الملحي على نبات البطاطا[67]

I.4.2. مشكلة النفاذية وخطر الصوديوم

تنشأ هذه المشكلة نتيجة ارتفاع نسبة الصوديوم مقارنة بالكالسيوم والمغنيسيوم (SAR)، وتؤدي الزيادة في نسبة الصوديوم إلى تشتت غرويات الطين (Soil Colloids Dispersion)، مما يفقد التربة استقرارها

البنيوي ويؤدي إلى انسداد مسامها وتكون قشرة سطحية صلبة تعيق نفاذية الماء والهواء [46] هذا الانخفاض في النفاذية يسبب تشبع التربة بالماء، مما يعيق تهوية الجذور ويزيد من مخاطر أمراض الجذور وتلف المحاصيل[68]

I.3.4. سمية الأيونات النوعية

على عكس الإجهاد الأسموزي، تنتج السمية عن تراكم أيونات محددة مثل الكلوريد Cl^-، الصوديوم Na^+، والبورون B داخل أنسجة النبات[48]، وتنتقل هذه الأيونات مع تيار النتح لتتركز في الأوراق، مسببة حروقا نسيجية (Necrosis) واصفرار بين العروق (Chlorosis)، مما يقلل من كفاءة التمثيل الضوئي[69]، وتعد المحاصيل الدائمة والأشجار أكثر حساسية لهذه السمية مقارنة بالمحاصيل الحولية.

I.4.4. مشاكل تقنية وبيئية متنوعة

- **الإثراء بالمغذيات:** قد يؤدي فائض النيتروجين في مياه الري إلى تحفيز نمو خضري مفرط على حساب الثمار، مما يؤخر نضج المحصول ويقلل جودته.[49]

- **الانسداد الفيزيائي:** تسبب المواد العالقة والطحالب انسدادا في أنظمة الري الحديثة (المنقطات والرشاشات)، مما يرفع تكاليف الصيانة ويؤدي إلى توزيع غير متجانس للمياه[50]

- **المخاطر الصحية:** قد يؤدي استخدام مياه الصرف غير المعالجة إلى نقل مسببات الأمراض المعدية وتوفير بيئة خصبة لنواقل الأمراض[62]

I.5. تقنيات معالجة مياه الري:

نظرا للضغوط المتزايدة على الموارد المائية، أصبحت عمليات معالجة مياه الري ضرورة استراتيجية لتحسين الجودة المائية، سواء كانت مياه مالحة أو مياه صرف معاد استخدامها، بما يضمن استدامة الإنتاج الزراعي والحفاظ على البنية الفيزيائية للتربة[61]، تتنوع التقنيات المستخدمة وفقا لآلياتها إلى ثلاثة محاور رئيسية:

I.1.5. المعالجة الفيزيائية

تعتمد هذه الطرق على تعديل الخصائص الفيزيائية للمياه دون إضافة مواد كيميائية.

- **المعالجة المغناطيسية:** تعد من التقنيات المبتكرة التي تعتمد على تمرير المياه عبر مجالات مغناطيسية شديدة، مما يؤدي إلى إعادة تنظيم البنية الجزيئية للماء وتقليل تكتل جزيئاته[70]، تؤدي هذه

العملية إلى زيادة قابلية ذوبان الأملاح، مما يمنع تكون القشور الملحية في أنظمة الري، ويسهل غسل الصوديوم من منطقة الجذور [71] ورغم سهولة تطبيقها وانخفاض تكاليفها التشغيلية، إلا أن الدراسات تشير إلى تباين في فعاليتها اعتمادا على شدة المجال المغناطيسي وخصائص المياه الكيميائية، مما يتطلب دراسات موقعية دقيقة لتحديد جدواها[5]

I.2.5. المعالجة البيولوجية والطبيعية

تعتمد على محاكاة العمليات الحيوية لتنقية المياه:

- **برك الاستقرار**: نظام اقتصادي يعتمد على التحلل الطبيعي للمواد العضوية عبر الكائنات الدقيقة، وهو فعال جدا في المناطق الحارة لإزالة مسببات الأمراض[72]
- **المعالجة عبر التربة**: يتم ترشيح المياه عبر طبقات التربة غير المشبعة التي تعمل كمرشح طبيعي يزيل الملوثات العالقة والمعادن الثقيلة قبل وصول المياه للمياه الجوفية[73]
- **المعالجة النباتية**: توظيف نباتات مائية معينة، مثل القصب، لامتصاص المغذيات الزائدة والمعادن الثقيلة من مياه الصرف[74]

I.2.5. المعالجة الكيميائية

تركز هذه الطرق على التعديل الكيميائي المباشر لخصائص المياه:

- **تقنية الخلط**: دمج المياه الهامشية (المالحة) بمياه عذبة لتقليل التركيز الكلي للأملاح (TDS) ونسبة امتصاص الصوديوم (SAR) الى مستويات آمنة للمحاصيل[44]
- **الإضافات الكيميائية**: استخدام الجبس الزراعي ($CaSO_4$) لمعالجة مياه الري الصودية؛ حيث يوفر الكالسيوم اللازم لإزاحة الصوديوم من معقد التبادل الأيوني للتربة، مما يحسن من نفاذيتها[75]

II. مياه الري الممغنطة:

II.1. المجال المغناطيسي وآليات المعالجة المغناطيسية للماء

تعرف المعالجة المغناطيسية للماء بأنها عملية فيزيائية يتم فيها تعريض المياه لمجال مغناطيسي ثابت أو متغير بشدة ومعدل تدفق محددين، مما يؤدي إلى تعديل خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيوفيزيائية دون إضافة أي مواد كيميائية[76].

من الناحية الفيزيائية، يؤثر المجال المغناطيسي على البنية الجزيئية للماء من خلال تغيير الزوايا بين الروابط الهيدروجينية، مما يقلل من تكتل جزيئات الماء (Water Clusters) ويحولها إلى هياكل جزيئية أصغر وأكثر نشاطاً، وهو ما يشار إليه أحيانا بالبنية السداسية [77, 78] إن هذا التغير في الهيكل الجزيئي يؤدي بدوره إلى تعديل خصائص حركية هامة مثل التوتر السطحي، واللزوجة، والتوصيل الكهربائي، مما يعزز من قدرة الماء على إذابة الأملاح ومنع ترسبها في الأنابيب أو مسام التربة [79]

أما من الناحية الحيوية، فقد أظهرت الدراسات أن الكائنات الحية تتأثر بالتطبيقات المغناطيسية الاصطناعية التي تحاكي أو تتجاوز تأثير المجال الجيومغناطيسي الأرضي(Geomagnetic Field) [80]، وتعتمد فاعلية هذا التأثير التحفيزي على بارامترات فيزيائية دقيقة تشمل شدة المجال المغناطيسي، قطبيته، وزمن التعرض، وطبيعة المادة المغناطيسية المستخدمة، حيث تلعب هذه العوامل دوراً حاسماً في تنشيط الأيونات وزيادة قابليتها للامتصاص من قبل الخلايا النباتية.[81]

2.II. المياه الممغنطة

تعرف المياه الممغنطة بأنها المياه التي خضعت لعملية معالجة فيزيائية عبر تعريضها لمجال مغناطيسي ثابت أو متغير، يتم توليده بواسطة أجهزة خاصة كالمغناطيسات دائمة أو ملفات كهرومغناطيسية مثبتة حول أنابيب التدفق [82] تهدف هذه العملية إلى إحداث تغييرات في الخصائص الفيزيائية والبيوفيزيائية للماء مثل التوتر السطحي، واللزوجة، والتوصيل الكهربائي، وبنية تجمعات الجزيئات دون إحداث أي تعديل في تركيبها الكيميائي الأساسي أو إضافة أي مواد خارجية[83] وتستند هذه التقنية في جوهرها إلى قدرة المجال المغناطيسي على إعادة تنظيم الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء، مما يزيد من نشاطها الحركي، ويؤثر إيجابا على سلوك الأملاح الذائبة وقابليتها للذوبان والحركة داخل نظام التربة والنبات[84]

3.II. معالجة الماء مغناطيسيا (تقنية المغنطة)

تتم معالجة المياه مغناطيسيا عبر تمريرها داخل مجال مغناطيسي ثابت أو متغير، يتم توليده بواسطة مغناطيسات دائمة (Permanent Magnets) مولدات كهرومغناطيسية (Electromagnetic Generators) كما يظهر في نموذج جهاز Delta Water الموضح في **الوثيقة (12)**، تثبت مباشرة على شبكات الري مثل أنظمة التنقيط أو الري المحوري، لمعالجة المياه قبل وصولها للتربة[5]

الوثيقة (12): جهاز Delta Water المستخدم في تطبيقات المعالجة المغناطيسية لمياه الري

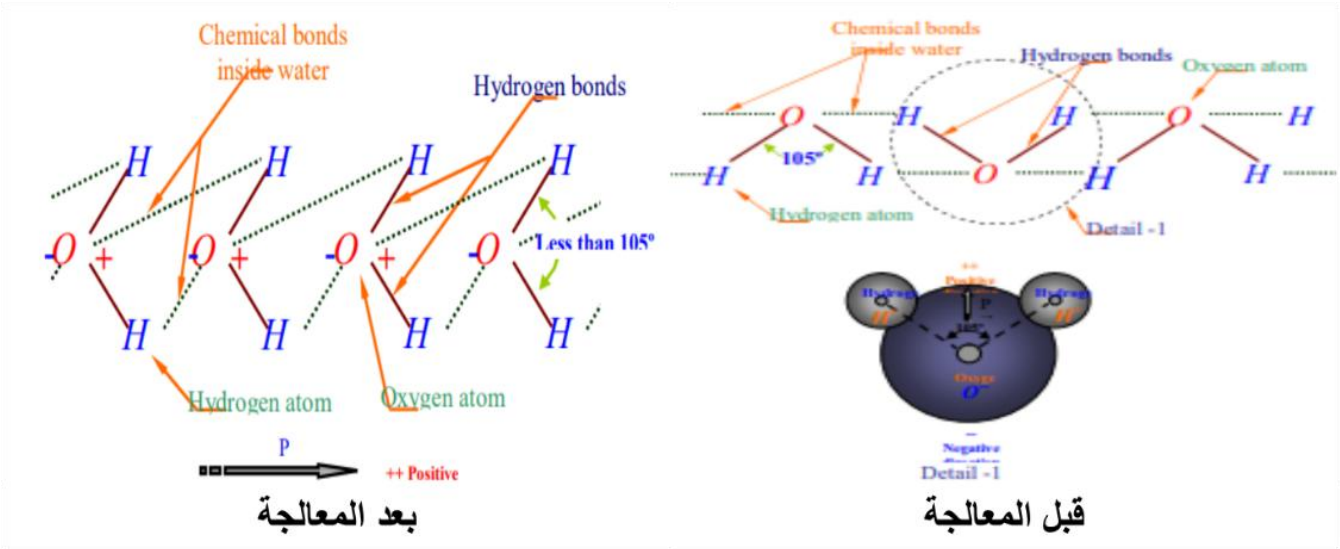
تعتمد كفاءة هذه التقنية على بارامترات تقنية دقيقة تشمل شدة المجال المغناطيسي، والتي تقاس بوحدات دولية هي التسلا (Tesla) أو الوحدة الأكثر شيوعا في الأجهزة الزراعية الجاوس (Gauss)، وسرعة تدفق المياه عبر الجهاز، وزمن التعرض للمجال، وتصنف هذه التقنية كمعالجة فيزيائية نظيفة، حيث تعمل على تعديل الخصائص البنيوية والديناميكية للماء دون أي إضافات كيميائية [5]، كما أشارت الدراسات إلى أن استخدام أجهزة ذات سعة إنتاجية مدروسة يساهم في تقليل ترسب الأملاح داخل أنابيب الري، مما يضمن استمرارية التدفق وانتظام توزيع المياه داخل القطاع الترابي [85]

4.II. تأثير المجال المغناطيسي على الماء

يؤدي تطبيق المجال المغناطيسي على الماء إلى إحداث تحولات جوهرية في بنيته الذرية والجزيئية كما موضح في **الوثيقة (13)**، وتتمثل أهم هذه التأثيرات في:

- **التغيرات الهيكلية والجزيئية :**يعمل المجال المغناطيسي على تفكيك تجمعات جزيئات الماء (Water Clusters) عبر التأثير على الروابط الهيدروجينية، مما يعيد تنظيمها في بنى أصغر وأكثر نشاطا، يشار إليها بالماء السداسي (Hexagonal Water)، وهو ما يرفع من طاقة تأين الجزيئات[86]
- **التحولات الفيزيائية والديناميكية :**أثبتت الأبحاث أن المغنطة تؤدي إلى انخفاض ملموس في التوتر السطحي (Surface Tension)، واللزوجة (Viscosity) مما يزيد من قدرة الماء على النفاذ داخل مسام التربة والانتشار حول منطقة الجذور، كما تحدث تغيرات في التوصيل الكهربائي (EC)، ودرجة الحموضة (pH)، والتركيز الأيوني للعناصر[87]
- **ديناميكية الأملاح والغازات :**تساهم المعالجة في زيادة قدرة الماء على إذابة الأملاح والمعادن، وتؤثر على حركة الأيونات مثل الصوديوم والكالسيوم، مما يحد من ترسب الأملاح ويسهل غسلها من منطقة الجذور، وهو ما يحسن من كفاءة استفادة النبات من مياه الري[70]

- **الظواهر البصرية والذاكرة المغناطيسية** :يتميز الماء الممغنط بظاهرة تأثير الذاكرة، حيث تحتفظ المياه بالتغيرات المكتسبة لفترة زمنية بعد زوال المجال، بالإضافة إلى زيادة كثافة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية (UV Absorption)، وتصل خصائص الماء إلى حالة التشبع (Saturation Effect)، حيث لا تؤثر زيادة الشدة المغناطيسية بعد حد معين على الخصائص [86]



الوثيقة (13): أثر المغنطة على بنية جزيئات الماء [88]

5.II. تأثير الماء الممغنط على خصائص التربة وملوحتها

يعد استخدام المياه الممغنطة استراتيجية واعدة في الإدارة المستدامة للتربة، خاصة في المناطق المتأثرة بالملوحة، حيث تساهم في تحسين الخصائص الهيدروليكية والكيميائية للتربة على النحو التالي:

- **تحسين نفاذية التربة وخصائصها الفيزيائية**

يعمل الماء الممغنط على إضعاف قوى التماسك والالتصاق بين جزيئات الماء وحبيبات التربة، مما يؤدي إلى زيادة الموصلية الهيدروليكية (Hydraulic Conductivity) للتربة الطينية بنسبة تصل إلى 50%، وهو ما يعزز كفاءة ترشيح المياه في المسامات الدقيقة [89]، كما يساعد الماء الممغنط في الحد من خاصية "رهاب الماء (Hydrophobicity) "في التربة، مما يرفع من المحتوى الرطوبي للتربة بنسبة تقارب 25% مقارنة بالري بالمياه التقليدية، ويساهم في تحسين بنية المسام وتقليل مشاكل التغدق المائي [90]

- **غسل الأملاح ومعالجة الملوحة والقلوية**

يعتبر الماء الممغنط أداة فعالة لاستصلاح التربة الملحية من خلال تسريع هجرة الأملاح بعيدا عن منطقة الجذور (Rhizosphere) حيث تشير الدراسات إلى خفض ملوحة التربة المشبعة بنسبة تصل إلى 20%، وتحويل الأملاح إلى حالة غير نشطة تحد من آثارها السمية على النبات[82] كما تساهم المغنطة بفاعلية في خفض مؤشرات الصودية مثل نسبة امتصاص الصوديوم (Sodium Adsorption Ratio-SAR) ونسبة الصوديوم الذائب (Soluble Sodium Percentage-SSP)، ونسبة الكاتيونات لاستقرار البنية (CROSS) خاصة عند تطبيق شدة مغناطيسية تصل إلى 3000 جاوس، مما يؤدي إلى انخفاض محتوى التربة من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم كنتيجة لتحسن عمليات التبادل الكاتيوني. [83]

- **التأثير على درجة الحموضة والنشاط الحيوي**

تؤثر المعالجة المغناطيسية على التفاعلات الكيميائية والحيوية، حيث تؤدي إلى خفض درجة حموضة التربة (pH) مما يعزز من ذوبان كربونات الكالسيوم والجبس ويزيد من جاهزية العناصر الغذائية مثل الفوسفور والبوتاسيوم[4] ومن الناحية الحيوية، ويحفز الماء الممغنط النشاط الميكروبي والإنزيمي، ويزيد من وفرة "البروتيوباكتريا(Proteobacteria) "، مما يسرع من دورة العناصر الغذائية داخل بيئة الجذور

6.II. تأثير الماء الممغنط على النبات ونموه

يؤدي استخدام المياه الممغنطة (Magnetically Treated Water - MTW) الى تحسينات جوهرية في العمليات الحيوية للنبات، بدءا من مرحلة الإنبات وصولا إلى الحصاد، وذلك من خلال تعزيز الأنشطة الأيضية وتخفيف حدة الإجهادات البيئية.

- **تحفيز الإنبات والنمو الخضري المبكر**

يظهر الماء الممغنط تأثيرات إيجابية ملموسة في المراحل الأولية؛ حيث يعمل على تسريع معدلات إنبات البذور وتقليل الزمن اللازم لها، مع تعزيز قوة البادرات ونموها [86]، وقد أظهرت الدراسات على محاصيل مثل الطماطم، الخيار، والذرة أن المغنطة تزيد من طول النبات والوزن الجاف للشتلات؛ فعلى سبيل المثال، سُجلت زيادات في طول نبات الحمص ووزنه الرطب والجاف تتراوح بين 5.76% و12.51%

مقارنة بالمياه العادية [87]، ويعزى هذا التحسن إلى زيادة نفاذية الأغشية الخلوية وتنشيط امتصاص الماء والعناصر الغذائية [85]

- **تعزيز النشاط الأيضي والصبغات الضوئية**

تعتبر عملية التمثيل الضوئي من أكثر العمليات استجابة للمغنطة، حيث يرفع الري بماء ممغنط من محتوى من الصبغات الضوئية، وهي الكلوروفيل (أ) و (ب)، المسؤولة عن امتصاص طاقة الشمس لتحويلها إلى غذاء والكاروتينات التي تعمل كدرع يحمي النبات من التلف ويساعده في جمع الطاقة [91]، وتعمل المغنطة على تحفيز الهرمونات الذاتية للنمو، مثل حمض إندول أسيتيك **(IAA)** وتنشيط بناء البروتينات؛ إذ أظهرت تحليلات التفريد الكهربائي ظهور حزم بروتينية إضافية في النباتات المعالجة، مما يشير إلى تغير إيجابي في التعبير الجيني والنشاط البيوكيميائي [87]

- **تحسين الإنتاجية والجودة النوعية**

تنعكس هذه التغيرات الأيضية على الإنتاجية النهائية، حيث أفادت المصادر بزيادة في المحصول البيولوجي وبذور المحاصيل بنسب تصل إلى 40% في الحمص وأكثر من 70% في فول الصويا عند استخدام التقنية المناسبة [90]، بالإضافة إلى الكمية تتحسن الجودة النوعية للثمار من حيث محتوى المعادن (N, P, K, Ca, Mg) ومحتوى الفيتامينات مثل فيتامين (C)، مع رفع كفاءة استخدام المياه بشكل ملحوظ[85]

- **التكيف مع الإجهادات البيئية (الملوحة والجفاف)**

يعمل الماء الممغنط كأداة وقائية ضد الإجهاد الملحي، حيث يساهم في تقليل امتصاص الأيونات السامة وتسهيل غسل الأملاح من منطقة الجذور (Rhizosphere) مما يحافظ على التوازن المائي داخل أنسجة النبات تحت ظروف الجفاف[5]، وتجعل هذه الخصائص من المغنطة تقنية صديقة للبيئة وواعدة للزراعة المستدامة في المناطق القاحلة [92]

II.7. أهمية مغنطة الماء

تعد مغنطة المياه تقنية فيزيائية رائدة تهدف إلى تعزيز الاستدامة الزراعية من خلال تحسين الخصائص الحيوية للموارد المائية[93]، وتبرز أهميتها في المحاور التالية:

- **تحسين الكفاءة الإنتاجية والفسيولوجية للنبات**

تساهم المعالجة المغناطيسية في رفع كفاءة الإنتاج الغذائي عبر تحسين معدلات إنبات البذور وتسريع النمو الخضري المبكر، وتعمل التقنية على إعادة تنظيم الروابط الهيدروجينية للماء (تكوين الماء السداسي)، مما يزيد من طاقة تأين الجزيئات ويحسن امتصاص النبات للعناصر الغذائية والمعدنية[93]، كما تؤدي المغنطة دورا محفزا حيويا في زيادة محتوى الكلوروفيل وتعديل نشاط الإنزيمات، مما يرفع من كفاءة البناء الضوئي ويزيد من الكتلة الحيوية والمحصول الكلي[86]

- **معالجة الإجهادات البيئية واستصلاح التربة**

تكتسب هذه التقنية أهمية استراتيجية في المناطق القاحلة التي تعاني من ندرة المياه أو ملوحة التربة. فهي تعمل كأداة فعالة لاستصلاح الأراضي الملحية عبر تسريع غسل الأملاح بعيداً عن منطقة الجذور وتحسين النفاذية الهيدروليكية وبنية المسام في التربة، كما تساعد النباتات على تعزيز مقاومتها للإجهاد الملحي والجفاف، مما يقلل من الآثار السمية للأملاح المتراكمة ويحافظ على التوازن المائي للأنسجة النباتية [84]

- **الاستدامة البيئية والجدوى الاقتصادية**

تصنف مغنطة المياه كتقنية خضراء صديقة للبيئة، نظرا لكونها عملية فيزيائية لا تتطلب إضافات كيميائية، مما يقلل من التلوث الزراعي ويخفض التكاليف التشغيلية للمزارعين[94]، وإلى جانب فوائدها في توفير المياه لرفع كفاءة استخدام المياه، وتساهم هذه التقنية في التبكير في فترات نضج المحاصيل وزيادة العائد الاقتصادي الصافي، مع سهولة دمجها في أنظمة الري الحديثة دون الحاجة إلى تعديلات معقدة[84]

الجزء العملي

الفصل الأول: الوسائل والطرق

I. التعريف بمنطقة الدراسة:

I.1.الموقع الجغرافي لمنطقة وادي سوف:

تتميز ولاية الوادي بموقع استراتيجي في الجنوب الشرقي الجزائري، حيث تتربع على مساحة إجمالية شاسعة تُقدّر بـ 35752 كم²، وشهدت نمواً ديموغرافياً ملحوظاً وصل فيه تعدادها السكاني إلى حوالي 802,000 نسمة بحلول أواخر عام 2025، وتتمحور إحداثياتها الجغرافية عند مركز مقر الولاية حول خط عرض 33.77° شمالا وخط طول6.87 ° شرقا تتشكل الملامح الحدودية للمنطقة بمجاورتها لولايات خنشلة وبسكرة من الشمال، وتبسة من الشمال الشرقي، والمغير من الشمال الغربي، وتقرت من الغرب، وورقلة من الجنوب الغربي، بالإضافة إلى امتدادها نحو الشرق عبر شريط حدودي دولي يربطها بالجمهورية التونسية على مسافة 260 كم. أما من الناحية التنظيمية، فيتألف النسيج الإداري للولاية من 22 بلدية. (الوثيقة 14) [137]

ومن الناحية التضاريسية تهيمن على المنطقة رمال ناعمة تتدرج ألوانها بين الأبيض والأصفر ناتجة عن نشاط ريحي مستمر يعمل على نقل الحبيبات مشكلة بذلك كثبان رملية عالية قد تبلغ 200 متر [95]

الوثيقة 14: خريطة الحدود الجغرافية والتقسيم الإداري لولاية الوادي [137]

مناخ واد سوف:

تصنف منطقة وادي سوف ضمن النطاق المناخي الصحراوي الجاف، الذي يتسم بحرارة شديدة صيفا تصل إلى 50%، وببرودة شتاءً إلى أن تصل إلى 0%، كما يتسم أيضا بنقص حاد في هطول الأمطار حيث لا تتجاوز 100 ملم في السنة، إذ تشهد بعض المناطق فترات جفاف ممتدة لسنوات طويلة إضافة الى ذلك زيادة في معدلات التبخر [96].

2. الخصائص المائية لمنطقة واد سوف:

تزخر منطقة وادي سوف بإمكانيات هيدرولوجية هائلة، حيث تختزن ثروة مائية باطنية معتبرة تشكلت عبر العصور الجيولوجية التاريخية. تمثلت في الحوض الهيدروغرافي لشط ملغيغ، الذي يمثل وحدة جغرافية واسعة يمتد تأثيرها عبر ثماني ولايات، ويضم في بنيته الهيدروليكية حوالي 30 حوضاً فرعياً. وتتوزع هذه الموارد على ثلاث طبقات هيدروجيولوجية رئيسية، مما يمنح المنطقة استدامة مائية حيوية للنشاط الزراعي. [138]

3. خصائص التربة:

تتميز الأراضي في منطقة سوف بأنها تجمعات رملية، حيث يتسم النسيج الحبيبي لهذا النوع من التربة بكبر حجم الحبيبات. وتنعكس هذه الخاصية المورفولوجية بشكل مباشر على السلوك الهيدروليكي للتربة، مما يمنحها نفاذية عالية جداً تسمح بتغلغل المياه[97]

كما تتميز منطقة واد سوف بوجود3أنماط بنيوية أساسية من التربة: تربة رملية (العرق)، تربة جبسية كلسية ،تربة جبسية. [98]

II. المواد وطرق البحث:

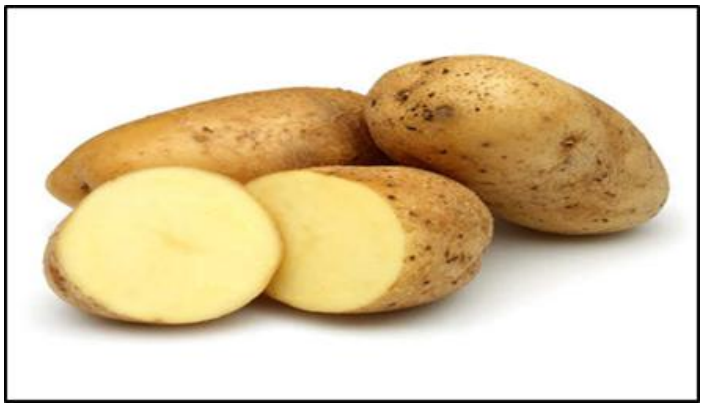
II.1. المواد والوسائل المستعملة:

1. المادة النباتية:

في إطار هذه الدراسة والتي أجريت في الموسم الزراعي 2026-2025، حيث تم اختيار نبات البطاطا من الصنف سبوتنا (*Solanum tuberosum* L) الوثيقة (15) كنموذج تطبيقي، وتم الحصول عليها من التعاونية مركز البذور بولاية الوادي ، وهو صنف ينتمي للعائلة الباذنجانية (solanaseaè) وقد وقع الاختيار على هذا الصنف تحديداً نظراً لريادته في القطاع الفلاحي بالمنطقة، حيث يتميز بانتشار

واســـع في المســـاحات المنزرعة وقدرة عالية على التكيف مع مختلف الأنظمة المناخية وأنواع التربة. ولصـنف "سـبونتا" أهمية اقتصـادية بالغة بإعتبارها من أكثر المحاصـيل الغذائية إسـتهلاكا عالميا وذلك لتميزها بتكلفة منخفضـــة وقيمة غذائية عالية ،فضـــلاً عن قيمتها الغذائية المرتفعة كأحد المحاصـــيل الاستراتيجية الغنية بالكربوهيدرات، البروتينات، والألياف الأساسية كما تحتوي على 76%ماء و24%مادة جافة.[99]

حيث تعد مصـــدر ممتاز لفيتامين ج والبروتين وتوفر كمية معتبرة من الطاقة بفضـــل محتواها العالي من الكربوهيدرات، حيث يقدر محتوى الكربوهيدرات في 100غرام من البطاطا من الوزن الطازج 17.9 غ وتقدر السكريات 0.82غرام، الشاء 15.29غ، البروتينات2.05غ [100]



الوثيقة 15: بطاطا صنف سبونتا [29]

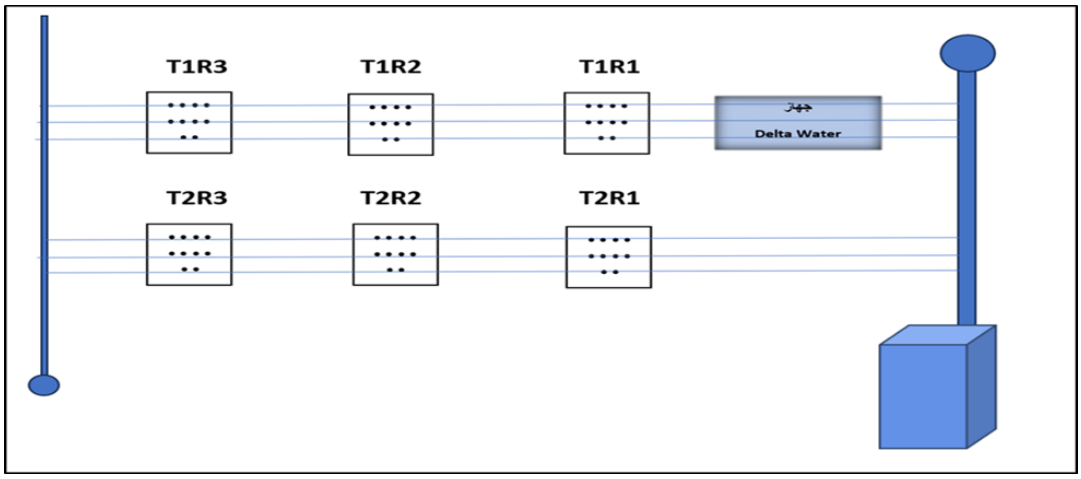
2. تصميم التجربة:

تم تنفيذ هذه التجربة في منطقة الزغبيات ببلدية حاسي خليفة لولاية الوادي بالجزائر، لدراسة تأثير مياه الري الممغنطة على الخصـــائص الكيميائية والفيتوكيميائية لنبات البطاطا، حيث أُعتمدت في عملية السـقي على طريقة التنقيط، وتتضـمن التجربة معاملين رئيسـين من نفس مصـدر المياه واحد منهم مربوط بجهاز دلتا ووتر بتكرار ثلاثة مرات لكل مجموعة حيث تم تصميمها على النحو الآتي:

تمت زراعة 10شـجيرات من درنات في كل وحدة تجريبية بمسـافة2 متر بين كل شـجرة وأخرى مع متابعة عملية الري بشكل منتظم كل يوم مع اعتبار جميع الظروف البيئية ثابتة:

المجموعة الأولى (T1): تم سـقيها بمياه ممغنطة (معالجة بتقنية الممغنطة بشـدة 1200 غاوس)، موزعة على 3 تكرارات.

المجموعة الثانية (T2): تم سقيها بمياه ري عادية، موزعة على 3 تكرارات.



الوثيقة 16: مخطط تصميم التجربة(من قبل الطالبات تواتي طليبة ، قيطة)

3. الجني وأخذ درنات البطاطا:

بعد فترة النمو، تم جمع درنات البطاطا من كل مجموعة، حيث تم أخذ 3 نباتات عشوائيا من كل تكرار ومنه تم الحصول على عينتين من درنات البطاطا من كلا المجموعتين.

II.2. الصفات المدروسة:

1. التحاليل المخبرية للتربة:

- طريقة أخذ عينات التربة:

- ✓ تم أخذ 6 عينات بشكل عشوائي من تربة الحقل، حيث تم أخذ عينة من كل تكرار لكل معاملة (مروية بمياه ممغنطة، مروية بمياه عادية) بعمق 30سم؛
- ✓ مزج عينات المجموعة الأولى المروية بالمياه الممغنطة ثم المجموعة الثانية المروية بالمياه الغير ممغنطة للحصول على عينتين من تربة؛
- ✓ وضع العينتين في الهواء في صحون بلاستيكية لتجف؛

- تحضير محلول التربة:

تم تحضير محلول تربة في مخبر كلية العلوم الطبيعية والحياة بإتباع الخطوات التالية:

- ✓ أخذ 10غرام من التربة ووضعها في بيشر؛
- ✓ نضيف للبيشر 100ملل من الماء المقطر ثم النقل لعملية الرج لمدة 4 ساعات بواسطة جهاز الرج المغناطيسي، نتركها اليوم الموالي؛

- ✓ نقوم بترشيح معلق التربة ثم الحصول على محلول التربة، وقراءة درجة الحموضة PH والناقلية الكهربائية EC؛
- ✓ ثم نقوم بترشيح محلول التربة مرة ثانية وذلك من أجل التقديرات الكيميائية للتربة؛

-التقديرات الكيميائية والفيزيائية للتربة:

أ- درجة حموضة التربة PH:

تعُد درجة حموضة التربة (pH) من المتغيرات الكيميائية المحورية التي تحدد طبيعة الوسط، حيث يُعبّر عنها رياضياً باللوغاريتم السالب لفعالية أيون الهيدروجين في محلول التربة. تُستخدم هذه القيمة كمؤشر معياري لتصنيف التربة بين الحامضية والقاعدية؛ ففي حين تشير قيم ال pH الى أقل من 7 تكون صفة التربة حامضية، وتكون في قاعدية عندما تشير قيم ال pH إلى أكثر من 7، واذا كانت قيم ال pH تساوي7 فتكون التربة متعادلة الحموضة. والمجال الأمثل والأهم لنمو وتوفير العناصر الغذائية للبطاطا بين درجة حموضة 5.5 -6.4 الجدول رقم (5).[101]

ويتم قياس درجة حموضة التربة بدقة مخبرية وحقلية باستخدام جهاز قياس الحموضة الرقمي (pH-meter) لضمان الحصول على نتائج موثوقة. [102]

الجدول 5: يوضح تصنيف درجة حموضة وصفات التربة حسب التصنيف الأمريكي [103]

قيم درجة الحموضة	صفة التربة
أقل من 5.4	شديدة الحموضة
5_4.5	حامضي قوي جدا
5.5_5.1	حامضي قوي
6_5.5	متوسط الحموضة
6.5_6	خفيف الحموضة
7.3_6.5	معتدلة
8_7.3	خفيفة القاعدي ة
9_8	متوسط القاعدي ة
10_9	قوي القاعدي ة
أكثر من 10	قاعدي قوي جدا

ب- الناقلية الكهربائية (EC):

تعُد الناقلية الكهربائية تعبيراً عددياً عن قدرة المحلول المائي على إيصال التيار الكهربائي، وهي مؤشر حيوي يعتمد بشـــكل مباشـــر على طبيعة وتركيز الأيونات الذائبة في التربة. تزداد قيمة هذه الناقلية مع ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة مع الصـوديوم المتبادل في التربة، والتي تشـمل الكالسـيوم Ca، البوتاسـيومk ،الصوديوم Na. اذ أن البطاطا لا تتحمل الملوحة العالية لأنها تؤثر سلبيا في نمو النبات.

وهناك 4 أصناف للتربة حسب تصنيف مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية كما هو موضح في الجدول رقم (6) [103]، وقد تم تقدير قيم الناقلية الكهربائية مخبرياً بالاعتماد على جهاز قياس الناقلية الكهربائية (Conductivity meter). [19]

الجدول 6: تصنيف مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية[103]

صنف التربة	الملوحة (ds/mEC)
تربة غير ملحية	أقّل من 4
تربة ملحية	أكثر من 4
تربة ملحية قلوية	أكثر من 4
تربة قلوية	أقل من 4 _

ت- الكالسيوم ca:

يُصنف الكالسيوم ضمن العناصر غير الذائبة في التربة، ويلعب دوراً محورياً في الحفاظ على التوازن الكيميائي للوسط؛ حيث يؤدي انخفاض مستوياته إلى تراجع قيم الأس الهيدروجيني (pH)، مما يتسبب في تحول التربة نحو الحالة الحامضية، وفي مثل هذه الظروف، يُعد التدخل بإضافة الكالسيوم ضرورة تقنية لمعالجة درجة حموضة التربة.

ث- المغنزيوم Mg:

يعد عنصـــر المغنزيوم من العناصـــر الأســـاســـية في التربة فهو يلعب دورا مهما في نمو نبات البطاطا وتحسين انتاجيته فوجود المغنزيوم بنسبة مناسبة في التربة يساهم في تعزيز حيوية النبات جودة للمحصول بينما يؤدي نقصـه إلى ضـعيف نمو وتراجع الإنتاج لذلك يعتبر المغنزيوم عنصـر ضـروري المحاصـيل وخاصة نبات البطاطا. [104]

ج- الكلور Cl:

يعتبر الكلور عنصراً أساسياً ومفيداً في نمو النبات، وله دور مهم في تكوين محصول البطاطا وجودة درناته. لكن البطاطا تُعد من المحاصيل الحساسة تجاه تراكم الكلور بكميات مرتفعة، إذ يؤدي ذلك إلى انعكاسات سلبية على الإنتاج والجودة. لذلك، يمكن القول إن الكلور ضروري لنمو البطاطا، لكن بشرط أن يكون وجوده في التربة أو مياه الري بنسب منخفضة جداً. [105]

ح- الحديدFe :

يعد عنصر الحديد (Fe) من العناصر الصغرى الأساسية في التربة، حيث يلعب دوراً هاماً في بناء مادة الكلوروفيل وتنشيط الإنزيمات الحيوية اللازمة لنمو نبات البطاطا وتكبير حجم الدرنات.

1. التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه السقي:

تم تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء في مخبر "الجزائرية للمياه" بالوادي، مع تحليل بعض الخصائص الأخرى في مخبر كلية علوم الطبيعة والحياة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، حيث تم قياس قيمة الأس الهيدروجيني (pH) لمياه السقي بواسطة جهاز مقياس الـــ pH (جهاز pH-meter)، كما تم قياس قيمة الناقلية الكهربائية بواسطة جهاز مقياس الناقلية (جهاز Conductivity-meter).

3. الصفات الكيميائية لنبات البطاطا:

- تجفيف وتحضير المادة النباتية:

- ✓ تم جلب 5درنات بطاطا من كل عينة؛
- ✓ تم تنضيفها وازالة القشور منها
- ✓ قطعت إلى صفائح رقيقة ووزعت على اوراق سميكة ؛ثم وضعت في الم جفف الحراري عند درجة حرارة 60° وتتم هذه العملية حتى ثبات الوزن ؛
- ✓ تم جمعها ثم طحنت بواسطة المطحنة الكهربائية ؛ وتمت غربلتها بواسطة غربال قطر فتحاته 1 ملم للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس لضمان دقة النتائج، والوثيقة (17) توضح طرق تجفيف وتحضير العينات

الوثيقة 17: طرق تجفيف وتحضير العينات النباتية

- تقدير درجة الحموضة pH وتقدير درجة الناقلية EC:

تمت عملية تقدير درجة الحموضة استنادا للبروتوكول المنهجي وفق طريقة MARX (1999)[106]، وتقدير قيمة الناقلية الكهربائية استنادا للبروتوكول المنهجي وفق طريقة JONES (2001)[107]

بإتباع الخطوات التالية:

- ✓ تم تذويب 5غرام من مسحوق نبات البطاطا في 25ملل من الماء المقطر؛
- ✓ اخُضع الخليط للرج المستمر بواسطة جهاز الرج المغناطيسي ؛ رُشح المزيج الناتج للحصول على الراشح؛
- ✓ تم تقدير درجة حموضة الراشح بإستخدام جهاز pH mètre (الوثيقة 18) ؛
- ✓ وتقدير درجة الناقلية الكهربائية بجهاز قياس الناقلية الكهربائية conductivityé metre (الوثيقة 19)؛

الوثيقة 18: جهاز قياس الناقيلية الكهربائي

الوثيقة 19: جهاز قياس درجة الحموضة

-تقدير الرماد والمادة العضوية والعناصر المعدنية

أ- تقدير نسبة الرماد والمادة العضوية:

تم تقدير محتوى الرماد والمادة العضوية في درنات البطاطا بإتباع الخطوات الأتيــة جُفِّفت البواتق الخزفية داخل فرن تجفيف عند درجة حرارة 105 م° لمدة 15 دقيقة، ثم ترجع لتبرد، ووُزِنت وهي فارغة باستخدام ميزان تحليلي حساس؛

- ✓ وُضِع في كل بوتقة وزن دقيق قدره 2 غ من مسحوق الدرنات؛
- ✓ نُقِلت البواتق بعد ذلك إلى فرن الحرق، حيث أُحرِقت العينات عند درجة حرارة 550 م° لمدة 6 ساعات متواصلة حتى الحصول على رماد أبيض؛
- ✓ أُخرِجت البواتق ونُقِلت مباشرة إلى المجفف حتى تبرد تماماً، ثم أُعيد وزنها؛

حيث قدرت نسبة الرماد الكلي على أساس الوزن الجاف من المعادلة التالية:

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

وقدرت المادة العضوية من المعادلة الاتية:

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

ب- تقدير العناصر المعدنية:

تم تقدير العناصر المعدنية في مسحوق درنات البطاطا وفق منهجية AOAC (1984) بواسطة استخدام جهاز طيف الامتصاص الذري Spectro photometer Absorption Atomic وجهاز طيف اللهبي الضوئي مع إدخال بعض التعديلات البروتوكولية وذلك وفق المراحل التالية:

- ✓ تم وزن 1 غ من المادة الجافة لكل عينة بدقة، ووضعت في بوتقات ثم وضعت داخل فرن الترميد عند درجة حرارة 550°م لمدة 6ساعات متواصلة ؛
- ✓ أخُرجت البوتقات ونقُلت إلى المجفف لتبرد؛
- ✓ نقل الرماد إلى بيشر ذات حجم 100 ملل، ثم اضافة 5ملل من حمض كلور الماء (Hcl) بتركيز 2نظامي ثم غطي الكأس؛
- ✓ اجريت عملية تسخين العينات على حمام رملي لمدة 10د لتبخير للمستخلصات؛
- ✓ اضيف 25ملل ماء مقطر بعد التبريد، ثم تم ترشيح المحلول في دورق 50ملل، واكمال المحلول للعلامة بالماء المقطر؛
- ✓ تم إستعمال المستخلص الناتج في تقدير العناصر التالية (ca/Na/K/Fe/Cl/Mg) بواسطة جهاز طيف الامتصاص الذري وجها ز الطيف اللهبي الضوئيflame photometer ؛

-تقدير القيمة الغذائية في النبات:

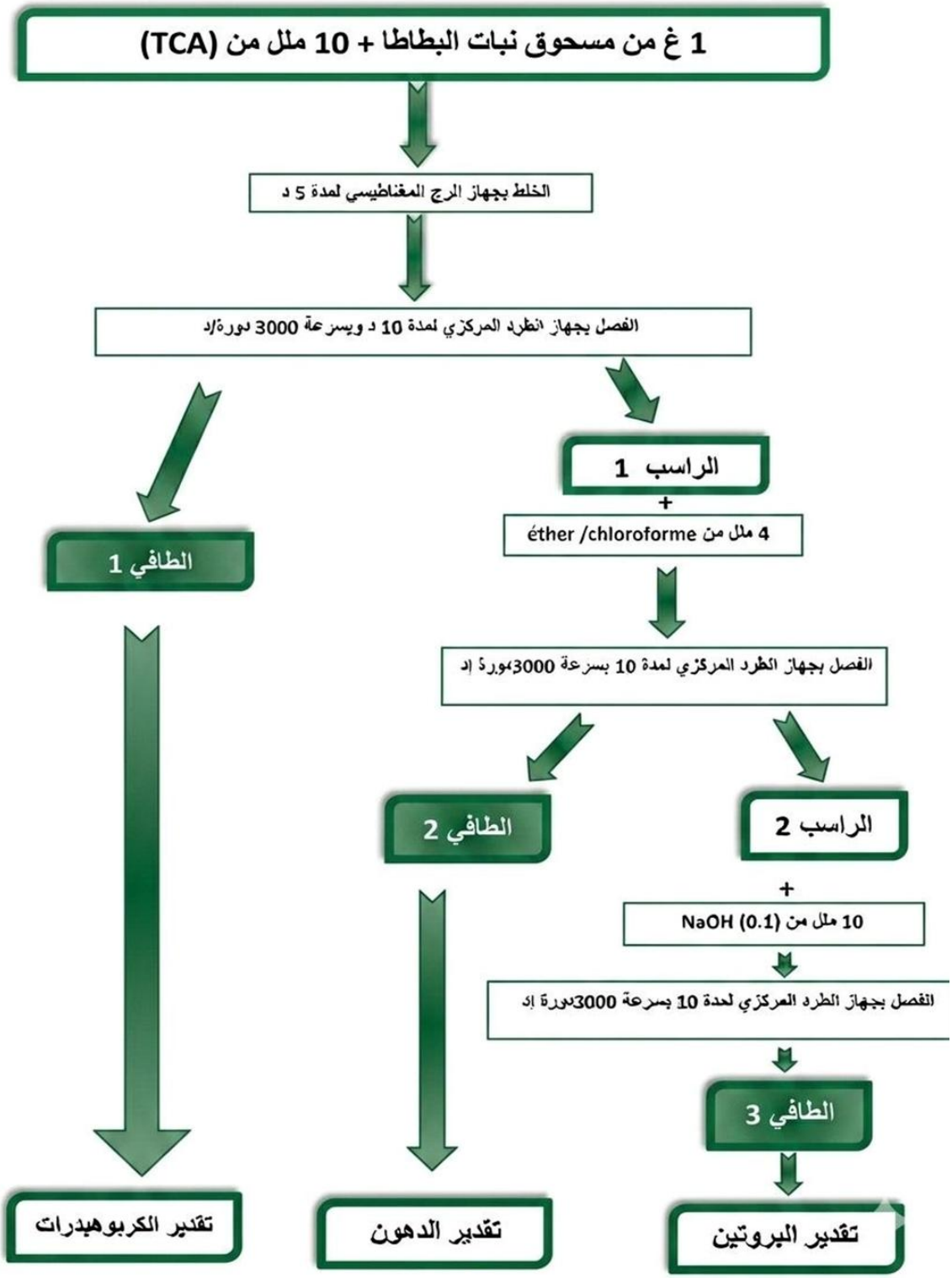
أ- تحضير المستخلصات:

تـم استخلاص نواتج الأيض الأولي وفق منهجية SHIBKO et al (1966)[108]، والمتبعة في دراسات كل من BELDI, 2007[109] من مســـحوق نبات البطاطا وذلك من خلال تطبيق الخطوات البروتوكولية التالية:

- ✓ تم وزن 1g من مسحوق درنات البطاطا لكل عينة ووضعها في بيشر مخبري؛
- ✓ أضـيف للعينة 10ml من (TCA) (d'acide trichloracétique) بتركيز 20%، ثم أخضـع المزيج للرج بواســطة جهاز الرج المغناطيســي لمدة 5 دقائق، لينقل بعدها إلى أنابيب الطرد المركزي الزجاجية؛
- ✓ فصـل الخليط باستخدام جهاز الطرد المركزي (الوثيقة 20) بسـرعة 3000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق، حيث عُزل سائل الطافي الأول لغرض تقدير محتوى الكربوهيدرات؛
- ✓ أضيف للراسب الأول4ml من محلول (1v/1v) éther/chloroform مع رج الخليط،
- ✓ أعُيدت عملية الطرد المركزي تحت نفس الظروف الســـابقة 3000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق، وذلك للحصول على السائل الطافي الثاني لغرض تقدير محتوى الدهون؛
- ✓ أضيف للراسب الثاني 10ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (N 0.1) مع رج الخليط؛
- ✓ أعُيدت عملية الطرد المركزي مرة ثالثة تحت نفس الظروف الســابقة 3000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق، وذلك للحصول على السائل الطافي الثالث لغرض تقدير محتوى البروتين؛

الوثيقة 20: جهاز الطرد المركزي

توضـــح الوثيقة رقم (21) المخطط العام لمراحل اســـتخلاص الكربوهيدرات، الدهون، والبروتينات من مسحوق درنات البطاطا وفق طريقة SHIBKO et al. (1966)[108] من مسحوق نبات البطاطا.



الوثيقة 21: مخطط يبين أهم الخطوات الاساسية لاستخلاص الكربوهيدرات،الدهون،البروتين

ب- تقدير الكربوهيدرات:

تـــــــم تقدير محتوى الكربوهيدرات الكلية وفق منهجية DUBOIS et al. (1956)[110]، مع إدخال بعض التعديلات البروتوكولية، وذلك وفق المراحل التالية:

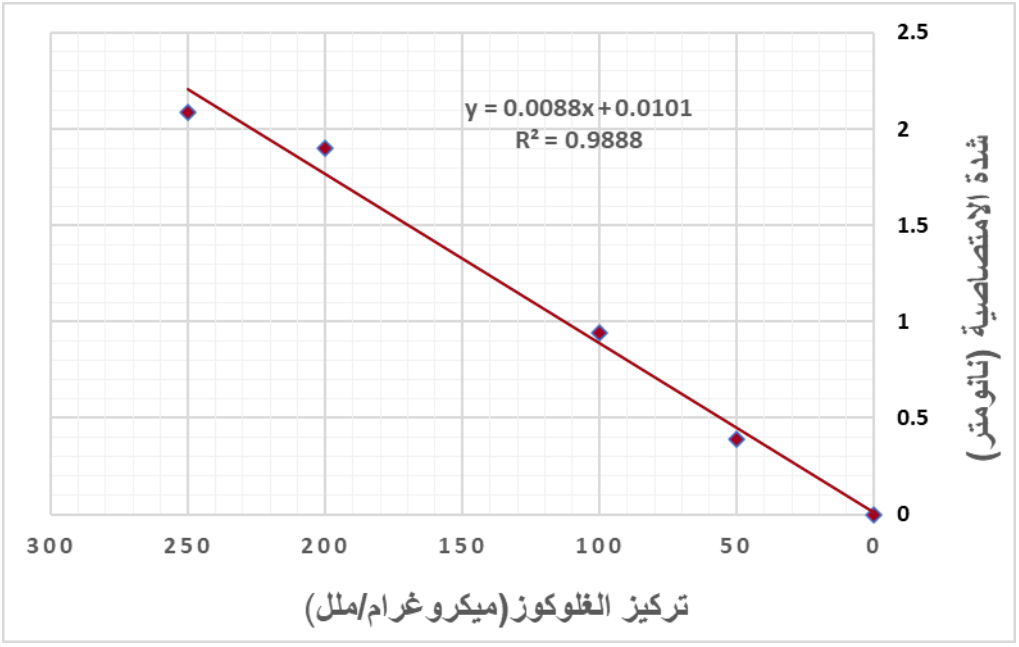
1. تحضير المحلول القياسي للغلوكوز:

- ✓ تم تحضير المحلول الأم بإذابة 5mg من الغلوكوز في 5mg من حمض الكبريت (N1) للحصول على محلول بتركيز 1000 ميكروغرام/ملل؛
- ✓ انطلاقاً من المحلول الأم، تم تحضير سلسلة المحاليل القياسية ذات التراكيز التالية: (0، 50، 100، 150، 200، 250) ميكروغرام/مل؛

2. الخطوات العملية للتقدير:

- ✓ تم وضع 1ml من سلسلة المحاليل القياسية المحضرة، وكذلك من مستخلصات العينات السائل الطافي الاول، في أنابيب اختبار زجاجية نظيفة؛
- ✓ أضـــيف لكل أنبوب 1ml من محلول الفينول بتركيز 5%، متبوعاً بإضـــافة 5ml من حمض الكبريت المركز؛
- ✓ خضعت العينات لعملية رج وتُركت لمدة 15 دقيقة؛
- ✓ تمت قراءة شدة الامتصاصية الضوئية للعينات عند طول الموجة 490 نانومتر باستخدام جهاز المطيافية الضوئية Spectrophotometer (الوثيقة 22)؛
- ✓ تم رسم المنحنى القياسي باستغلال قيم الامتصاصية للمحاليل القياسية، والذي استخُدم لتحديد تركيز الكربوهيدرات في كل عينة، والموضح في (الوثيقة 23)؛

الوثيقة 22: جهاز المطيافية الضوئية (Spectrophotometer)



الوثيقة 23: توضح المنحنى القياسي للغلوكوز

ج- تقدير الدهون:

تم تقدير محتوى الدهون الكلية وفق طريقة GOLDSWORTHY et al. (1972)[111]، والموصوفة من قبل BELDI (2007)[109]، مع إدخال بعض التعديلات، وذلك باتباع الخطوات التالية:

أ- تحضير المحلول القياسي للدهون:

تم تحضير المحلول الأم بإذابة 3mg من الزيت 100%صوجا في 1.2ml من محلول Éther/chloroforme (1V/1V) للحصول على محلول ذو تركيز 2500 ميكروغرام/مل، انطلاقاً من

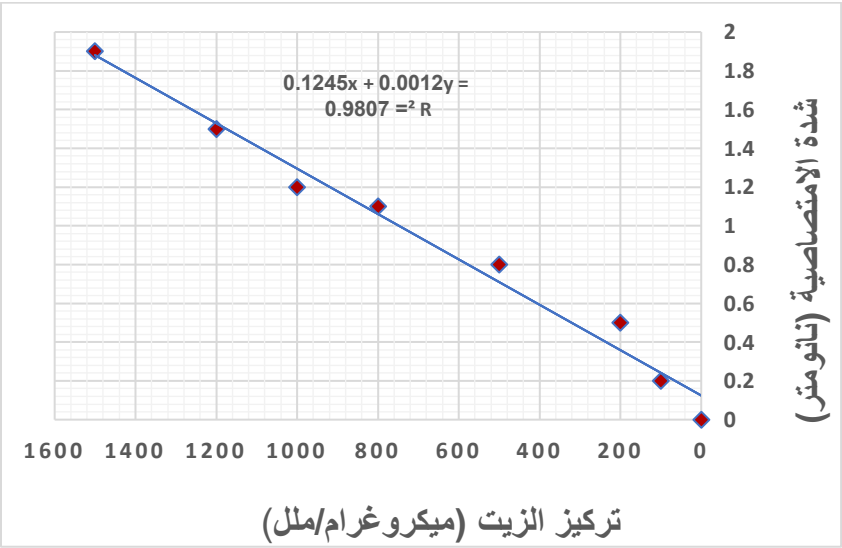
المحلول الأم، تم تحضير سلسلة المحاليل القياسية ذات التراكيز التالية: (0، 100، 200، 500، 800، 1000، 1200، 1500) ميكروغرام/مل.

ب- تحضير المحلول الكاشف (Sulfophosphovanillinique)

تم إذابة 38mg من مادة Vanilline في 5.5ml من ماء مقطر ثم أضُيف لها 19.5ml من حمض الفسفوريك (H3PO) بتركيز 85% للحصول على حجم نهائي قدره 15ml

الخطوات العملية للتقدير:

- ✓ وضع 0.1ml من سلسلة المحاليل القياسية ومن مستخلص العينات (السائل الطافي الثاني) في أنابيب إختبار زجاجية؛
- ✓ أضيف لكل أنبوب 1ml من حمض الكبريت المركز، خضعت الأنابيب لعملية رج ثم وضعت في حمام مائي عند درجة حرارة 100°م لمدة 10 دقائق؛
- ✓ بعد تبريد الأنابيب، تم أخذ 0.15ml من المزيج ونضعها في أنابيب اختبار جديدة، وأضُيف لها .5ml من الكاشف المحضر (Sulfophosphovanillinique)؛
- ✓ تخُلط الأنابيب في الظلام لمدة 30 دقيقة، وتمت قراءة شدة الامتصاصية الضوئية للعينات عند طول موجة 530 نانومتر بإستخدام جهاز المطيافية الضوئية (Spectrophotometer)؛
- ✓ تم رسم المنحنى القياسي باستغلال قيم الامتصاصية للمحاليل القياسية، والذي استخُدم لتحديد تركيز الدهون في كل عينة، والموضح في الوثيقة (24).



الوثيقة 24: توضح المنحنى القياسي للدهون

ت- تقدير البروتين:

تم تقدير محتوى البروتين والموصوفة من قبل (2012) [112]PRABHU et KRISHMASZAMY، وذلك وفق المراحل التالية:

1) إعداد الكواشف والمحاليل:

- محلول (أ): يتكون من خلط 50ml من كربونات الصوديوم Na_2Co_3 (2%) مع 50ml من هيدروكسيد الصوديوم (0.1N) NaOH؛
- محلول (ب): يتشكل من مزيج 10ml من محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ (0.5%) مع 10ml من محلول تيترات الصوديوم $kNaC_4H_4O_64H_2O$ (0.1%)؛
- محلول (ج): يتم تحضيره بإذابة كاشف "فولين-سيكالتو" Folin-Cicalteau المركز بنسبة (v/1v1)
- محلول (د): يُحضر مباشرة قبل الاستعمال بمزج 50ml من المحلول (أ) مع 01ml من المحلول (ب)

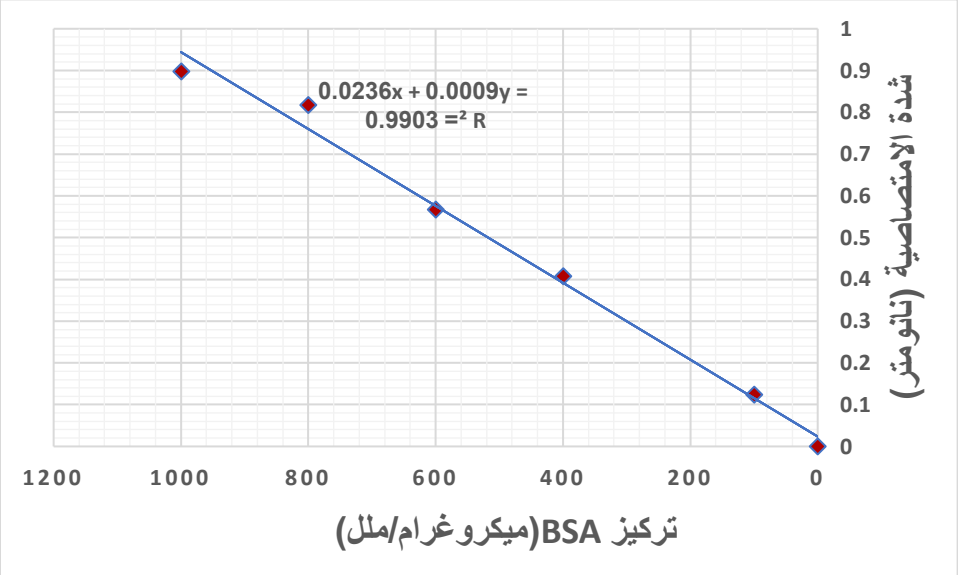
2) إعداد المحلول القياسي البروتين:

تم استخدام ألبومين مصل البقر (BSA) كمادة مرجعية، حيث حُضر محلول الأم بإذابة 3mg من بروتين ألبومين مصل البقر في 3ml من هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (N 0.5) للحصول على محلول ذو تركيز 1000ميكروغرام/ملل، وتم تحضير سلسلة المحاليل القياسية ذات التراكيز (0،100،400،600،800،1000) ميكرو غرام /ملل.

3) الخطوات العملية للتقدير:

- ✓ وضع 0.2ml من سلسلة المحاليل القياسية ومن المستخلص البروتيني للعينات في أنابيب اختبار؛
- ✓ إضافة 2ml من المحلول (د) لكل أنبوب؛
- ✓ إضافة 0.2ml من المحلول (ج) مع المزج الفوري؛
- ✓ حضن الأنابيب في الظلام لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة المخبر؛
- ✓ تمت قراءة شدة الامتصاصية الضوئية للعينات عند طول الموجة 750 نانومتر باستخدام جهاز المطيافية الضوئية Spectrophotometer؛

✓ تم رسم المنحنى القياسي باستغلال قيم الامتصاصية للمحاليل القياسية، والذي استخُدم لتحديد تركيز البروتين في كل عينة، والموضح في الوثيقة (25)؛



الوثيقة25: توضح المنحنى القياسي للبروتين

ث- تقدير المواد الفعالة:

1) تحضير المستخلص للتقدير:

تم استخلاص المركبات الأيضية الثانوية من مسحوق درنات البطاطا وفقاً لطريقة (2006) Matkowski et PIOTROWSKI[113]، حيث بدأت العملية بإذابة 3g من المادة النباتية الجافة في 30ml من الميثانول داخل دورق صغير، ثم تم رج المزيج جيداً لضمان التجانس وترُك لفترة نقع استمرت 72ساعة في درجة حرارة المخبر، ثم نُفذت عملية الترشيح للحصول على الراشح ثم وُضع في الحاضنة عند درجة حرارة 45°م لغرض التجفيف. وقد استمرت هذه العملية حتى الحصول على المستخلص الميثانولي الصافي ذي القوام اللزج، والوثيقة رقم (26) تبين اهم الخطوات الاساسية لاستخلاص مركبات الايض الثانوي.

الوثيقة 26: مخطط يبين أهم الخطوات الاساسية لاستخلاص مواد الأيض الثانوية[113]

2) حساب المردود:

تم حساب نسبة المستخلص الصافي وفق المعادلة التالية:

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

R%: نسبة المستخلص؛

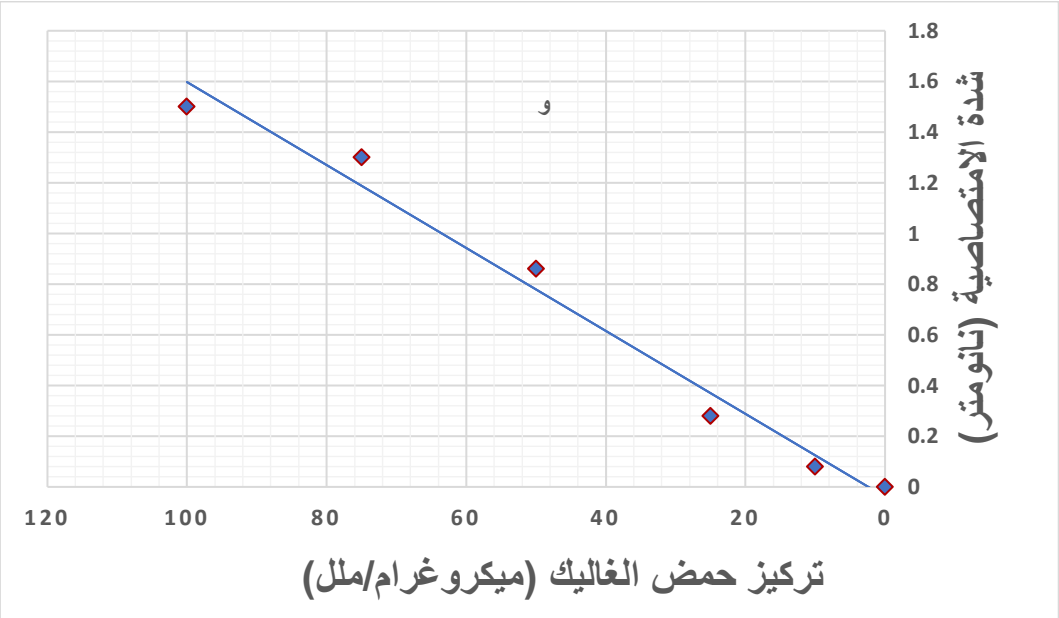
PEB: وزن المستخلص الصافي؛

PMV: وزن المادة النباتية؛

ح- تقدير محتوى الفينولات:

تم تقدير محتوى الفينولات الكلية وفق منهجية SINGLETON et ROSSI (1965) [114] والموصوفة بإعتماد الكاشف (folin Ciocalteu) والذي يرجع بواسطة المركبات الفينولية مشكلا معقد ازرق وذلك وفق المراحل التالية:

- ✓ تم مزج 0.2ml من مستخلص ميثانولي مع 1mlمن محلول (folin Ciocalteu) المخفف بمقدار 10 مرات مع الرج جيدا؛
- ✓ حضن الأنابيب في درجة حرارة المخبر لمدة 5دقائق؛
- ✓ أضيفت 0.8ml من كربونات الصوديوم Na_2Co_3 بتركيز (20%)؛
- ✓ ترك الأنابيب لمدة 40د في مكان بعيد عن الضوء؛
- ✓ تمت قراءة شدة الإمتصاصية الضوئية للعينات عند طول الموجة 760نانومتر بإستخدام جهاز المطيافية الضوئية؛
- ✓ بعد ذلك تم تحضير المنحنى القياسي لحمض الغاليك حيث تمت اذابة 8mg من حمض الغاليك في 2ml من الماء المقطر للحصول على محلول ذو تركيز 4000 ميكروغرام /ملل؛
- ✓ ثم تحضير سلسلة المحلول القياسي (0،62.5،125،250) ميكروغرام /ملل، ثم التعامل مع الأنابيب بنفس المراحل السابقة بتقدير المستوى الفينولي؛
- ✓ تمت قراءة شدة الامتصاصية الضوئية باستخدام جهاز المطيافية الضوئية ثم رسم المنحنى القياسي للتراكيز بدلالة شدة الإمتصاصية والموضح في الوثيقة (27) والمعبر عنه بمعادلة خطية تحدد تركيز محتوى الفينولات في كل عينة (g/ mg) من المادة الجافة لحمض الغاليك؛



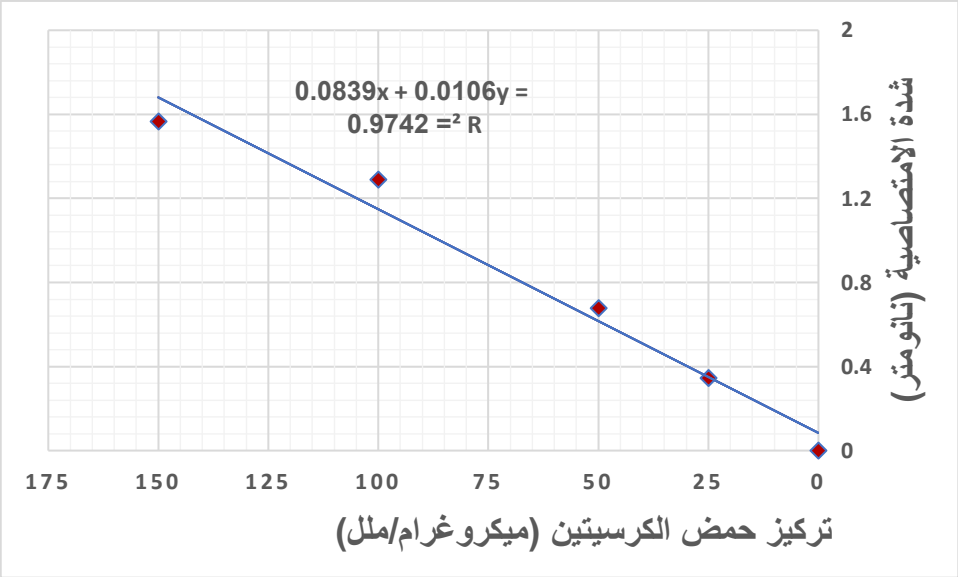
الوثيقة 27: توضح المنحنى القياسي لحمض الغاليك

خ- تقدير محتوى الفلافونويدات:

تم تقدير محتوى الفلافونويدات كيميائيا بالتفاعل مع كلوريد الألمنيوم $ALCL_3$ وفق منهجية WOISKY et SALATINO [115] (1998)، والموصوفة من قبل KHWAIRAKPAM et BALWINDER [112] (2012)، متبعين المراحل التالية:

- ✓ تم مزج 2ml من مستخلص ميثانولي مع 0.1ml من كلوريد الألمنيوم $ALCL_3$ بتركيز (10%)؛
- ✓ أضيف 0.1ml من أسيتات الصوديوم CH_3COONA؛
- ✓ أضيف أيضا 2.8ml من ماء مقطر وترك لمدة 30د في الظلام؛
- ✓ تمت قراءة شدة الإمتصاصية الضوئية للعينات عند طول الموجة 415نانو متر بإستخدام الجهاز المطيافية الضوئية؛
- ✓ ثم تم تحضير المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين عن طريق اذابة 5mg من حمض الكريستين في 10ml من ميثانول للحصول على محلول ذو تركيز 500ميكروغرام/ ملل؛
- ✓ بعد ذلك تم تحضير سلسلة المحلول القياسي ذو التراكيز (150/100/50/25/0) ميكروغرام/ ملل، ثم التعامل مع الأنابيب بنفس المراحل السابقة لتقدير محتوى الفلافونويدات؛

- ✓ بعد ذلك تم قياس شدة الإمتصاصية بجهاز المطيافية الضوئية ورسم المنحنى القياسي للتراكيز بدلالة شدة الإمتصاصية الموضح في الوثيقة (28) والمعبر عنه بمعادلة خطية تحدد تركيز محتوى الفلافونويدات في كل عينة بملغ /غ من المادة الجافة لحمض الكرسيتين؛

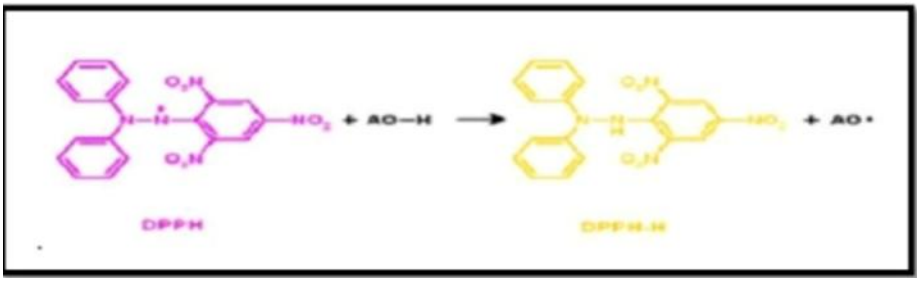


الوثيقة 28: توضح المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين

د- تقدير الفعالية البيولوجية:

1) مبدأ عمل إختبار DDPH:

يعتمد إختبار DDPH (2,2diphènyl 1picryl) على الجذر الحر DPPH عن طريق قدرته على قابلية إعطاء مضادات الاكسدة ذروة هيدروجين للجذر الحر، يتميز هذا الجذر بلونه البنفسجي، كما يتميز بخاصية الاستقرار، والذي يرجع إلى (2,2diphènyl 1picryl Hydrazine) ذات لون أصفر. والوثيقة رقم (29) توضح التحول الذي يحدث للجذر الحر DDPH.



الوثيقة 29: آلية تفاعل الجذر الحر DPPH مع مضادات الأكسدة (AO-H)[116].

2) تقدير النشاطية المضاد ة للأكسدة بواسطة اختبار الجذر الحر DDPH:

لتجهيز محلول DDPH من اجل تقدير النشاطية المضادة للأكسدة، تمت إذابة 4mg من مسحوق الجذر الحر DDPH في 100ml من الميثانول ثم ينقل إلى الرج لمدة 15 دقيقة بواسطة إستخدام جهاز الرج المغناطيسي ثم الحصول على محلول DDPH ذو تركيز 0.4mmol/l .

انطلاقاً من المستخلص الخام لكل عينة تم تحضير محلول أم بتركيز 1000µg/ml. ومن هذا المحلول، أعُدت سلسلة تراكيز مخففة من المستخلصات النباتية المتتالية في سبعة أنابيب اختبار باستخدام الميثانول كمذيب، للحصول على التراكيز التالية: (15.625، 31.25، 62.5، 125، 250، 500، 1000) µg/ml؛

- ✓ يتم أخذ أنابيب اختبار نظيفة، ويوضع في كل منها 200µl من المستخلص حسب التركيز ويُضاف إليها 800 µl من محلول ال DPPH المحضر سابقا؛
- ✓ تترُك الأنابيب في مكان مظلم لحماية الكاشف من الضوء لمدة 30 دقيقة؛
- ✓ يُنقل محتوى كل أنبوب في Cuve الخاص بجهاز القياس؛
- ✓ يتم قياس شدة الامتصاص الضوئي عند طول موجة قدره 517nm؛
- ✓ يعبر عن النشاطية المضادة للأكسدة على شكل نسبة مئوية و تحسب بالعلاقة التالية:

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

بحيث:

A: نسبة تثبيط الجذر الحر؛

A_0: شدة الامتصاصية الضوئية للشاهد السلبي؛

Ae: شدة الامتصاصية الضوئية للعينة النباتية؛

وتم تحضير المحلول القياسي لحمض الاسكوربيك بنفس الخطوات السابقة؛

3. التحليل الاحصائي

حللت نتائج التجارب باستغلال برنامج الإكسل وتم مقارنة المتوسطات لجميع الصفات بتطبيق اختبار أقل فرق معنوي LSD وعلى مستوى احتمال 0.05.

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

I. نتائج تحليل الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة ومياه السقي:

1.I. الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للتربة المستعملة في الدراسة:

الجدول 7: الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة المستعملة في الدراسة.

العناصر/ المعاملات	الحديد Fe (µg/ml)	الكالسيوم Ca (µg/mL)	المغنسيوم Mg (µg/mL)	الكلور Cl (µg/mL)	PH	EC (µs/cm)
ممغنطة	56.10	120.59	1	0.12	7.30	5.40
غير ممغنطة	57.46	165.50	0.7	0.05	7.76	8.65

من خلال النتائج المبينة في الجدول رقم (7)، والذي يوضح التحاليل الكيميائية والفيزيائية لمحلول التربة تحت تأثير نوعية مياه الري، أحدهما مروية بالمياه الممغنطة وأخرى غير ممغنطة حيث نلاحظ:

- ✓ انخفاض كل من درجة الحموضة (ph) والناقلية (EC) في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت قيم النتائج درجة الحموضة (7.30) والناقلية (µ5.40s/cm) على التوالي؛
- ✓ انخفاض في محتوى بعض العناصر المعدنية والتي هي: الحديد fe والكالسيوم ca في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت ب (56.10 µg/mL)، (120.59 µg/mL)على التوالي، مقارنة بالمياه غير ممغنطة حيث قدرت قيم النتائج ب: (57.46µg/ml)، (165.50µg/mL) على التوالي؛
- ✓ كما نلاحظ ارتفاع في محتوى بعض العناصر المعدنية والتي هي الكلور cl المغنسيوم Mg في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة حيث قدرت ب (0.12µg/mL) ، (1µg/ml) على التوالي مقارنة بالمياه غير ممغنطة حيث قدرت قيم النتائج بـ (0.05µg/mL) و (0.7µg/mL) على التوالي؛ ونفسر النتائج الملاحظة كمايلي:

- ✓ يعزى انخفاض تركيز عنصرين الحديد fe والكالسيوم ca في التربة المروية بالماء الممغنط إلى تحسين الخواص الفيزيوكيميائية الماء، مما يجعله أكثر قدرة على تذويب المعادن وتحويلها إلى معادن ميسرة للإمتصاص .هذا التغيير يحفز الجذور على إمتصاص العناصر المعدنية بكفاءة وسرعة عالية لسد احتياجات النبات الفيزيولوجية ،مما يؤدي طبيعيا إلى تناقص كميتها المتبقية والحرة في محلول التربة مقارنة بالمعاملة غير ممغنطة [117]
- ✓ ومن جهة اخرى فإن الماء الممغنط يصبح خفيفا وسريع الحركة، مما يجعله ينزل بسهولة تحت الأرض ويأخذ معه العناصر الزائدة بعيدا عن السطح [118]
- ✓ كما يرجع الارتفاع الملحوظ في تراكيز الأيونات الحرة المغنزيوم والكلور في محلول التربة المروية بالمياه الممغنطة إلى عند تعريض الماء للمجال المغناطيسي تحدث تغيرات الماء والتي تتمثل في تغيير بنية جزيئات الماء وتكسير الروابط الهيدروجينية مما يودي الى زيادة عدد جزيئات وتقليل التوتر السطحي للماء، هذا التحول الفيزيائي يمنح الماء طاقة إذابة الأملاح أكثر [119] وهذا مايفسر ارتفاع المغنزيوم والكلور في التربة المروية بالمياه الممغنطة نتيجة إذابته وتفككه وتحلله في المياه.

2.I. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الممغنطة والمياه الغير ممغنطة:

1.2.I. تحليل الخصائص الفيزيائية للمياه الممغنطة (WM) والمياه غير ممغنطة (WSM):

الجدول 8: نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية للمياه الممغنطة(WM) والمياه غير الممغنطة(WSM)

العناصر / المعاملات	Ph	EC (ms/cm)	TDS (ppm)	ST (g/cm)	D (g/cm)	TUR (NTU)
مياه ممغنطة	8	5.20	3260	0.03	1.0002	0.125
مياه غير ممغنطة	7.90	5.12	3272	0.09	1.005	0.310

من خلال النتائج الموضحة في الجدول رقم (8) والذي يبين التحاليل الفيزيائية لمياه السقي الممغنطة وغير ممغنطة حيث نلاحظ:

- ✓ إنخفاض في كمية الأملاح المذابة في الماء TDS في المياه الممغنطة حيث قدرت ب(3260ppm) مقارنة بالمياه غير ممغنطة والتي قدرت ب(3272ppm)
- ✓ كما نلاحظ أيضا إنخفاض في الشد السطحي ST في المياه الممغنطة مقارنة بالمياه غير ممغنطة حيث أعطت النتائج في المياه الممغنطة (0.03 g/cm) وفي المياه غير ممغنطة (0.0 9 g/cm)
- ✓ إضافة إلى ذلك نلاحظ إنخفاض واضح في في الكثافةD وعكارة الماء TUR في المياه الممغنطة حيث أعطت النتائج في المياه الممغنطة قيمة الكثا فة (1.0002g/cm)وعكارة الماء(NTU 0.125) وفي المقابل أعطت النتائج في المياه غير الممغنطة في الكثافة(1.005 g/cm) وعكارة الماء(0.310 NTU)

كما نفسر هذه النتائج بـ:

- ✓ يؤثر المجال المغناطيسي على حركية الأيونات الذائبة في الماء، محفزاً عملية التبلور المسبق للأملاح وتحويل كربونات الكالسيوم من طور الكالسيت غير المستقر إلى طور الأرغوانيت، مما يقلل من تركيز الأيونات الحرة في المحلول ويؤدي مباشرة إلى انخفاض قيمة الأملاح الذائبة الكلية TDS [120]

- ✓ كما نفسر إنخفاض الشد السطحي في المياه الممغنطة راجع الى عند تعريض الماء لمجال مغناطيسي يعمل على تكسير وإضعاف الروابط الهيدروجينية التي تربط التجمعات الجزيئية الكبيرة للماء مما يؤدي إلى تفكيكها إلى تجمعات أصغر حجماً وأكثر حركة وديناميكية حيث أن هذا التفكك يقلل من قوى التماسك بين جزيئات الماء على السطح، مما يتسبب في انخفاض STالشد السطحي وزيادة سيولة الماء وقدرته على الاختراق والنفاذية البلورية، والترطيب الفعال للتربة وجذور النبات [121]

- ✓ وفيما يخص انخفاض العكارة فإن المعاملة المغناطيسية تعمل على تعديل الشحنات الكهربائية السطحية للجزيئات الغروية المعلقة، مما يحفز ظاهرة التخثر المغناطيسي وتكتل الحبيبات الدقيقة ثم ترسبها، مما يمنح الماء شفافية أعلى وعكارة أقل [122]

- ✓ إن التغير في الترتيب الهندسي للجزيئات والتباعد بين التجمعات المفككة جراء المعالجة يفسر أيضاً الانخفاض الطفيف في الكثافة D [121]

I. 2.2. تحليل الخصائص الكيميائية للمياه الممغنطة (WM) والمياه غير ممغنطة (WSM):

الجدول 9: نتائج تحليل الخصائص الكيميائية للمياه الممغنطة (WM) و المياه غير ممغنطة (WSM)

العناصر / المعاملات	الفسفور P (mg/L)	الكالسيوم Ca (mg/L)	المغنسيوم Mg (mg/L)	الكلور Cl (mg/L)	البيكربونات HCO_3^- (mg/L)	PH	EC (ms/cm)
مياه ممغنطة	4	500	255.01	950.95	100.70	8	5.12
مياه غير ممغنطة	0.98	450.7	281.25	1006.39	85.5	7.90	5.20

من خلال النتائج الموضحة في الجدول رقم (9) والذي يبين التحاليل الكيميائية لمياه السقي الممغنطة وغير الممغنطة حيث نلاحظ:

- ✓ إرتفاع طفيف في قيمة PH، وإنخفاض طفيف في قيمة الناقلية EC بعد تطبيق تقنية المغنطة على الماء، حيث قدرت قيمة PH (8) مقارنة بالمياه العادية (7.50)، وقدرت قيمة الناقلية (ms/cm 5.12) في المياه الممغنطة مقارنة بالمياه غير ممغنط (5.20ms/cm)؛

- ✓ كما نلاحظ أيضا إرتفاع ملحوظ في معدل الفوسفور والكالسيوم في المياه بعد تعريضها لتقنية المغنطة حيث قدرت قيمة الفوسفور (4mg/l) والكالسيوم (500mg/l) مقارنة بالمياه العادية غير ممغنطة حيث قُدر الفوسفور فيها (0.98mg/l) ومعدل الكالسيوم فيها (50.7mg/l)
- ✓ بينما المغنزيوم والكلور نلاحظ إنخفاض نسبي في تركيزهم في المياه الممغنطة حيث قدر ب (255.01mg/l)والكلور (950.59 mg/l) مقارنة بالمياه العادية غير ممغنطة حيث قُدر المغنزيوم ب (281.25mg/l) والكلوريد(1006.39 mg/l)؛
- ✓ إضافة إلى ذلك نلاحظ إرتفاع خفيف لبكربونات في المياه الممغنطة والمقدرة ب (100.70mg/l) مقارنة بالمياه العادية غير ممغنطة والمقدرة ب (85.5mg/l)

نفسر الإرتفاع الطفيف لـ PHفي درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة بـ:

- ✓ مغنطة الماء ينعكس عنها تفكيك الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء، مما يؤدي الى تغيير اتزان الغازات الذائبة وخروج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الحامضي وتحريره، وهو ما يرفع تلقائياً من قلوية وقاعدية الماء لتغير توازن الأيونات الحرة فيه [76 ,5]
- ✓ كما نفسر أيضا إنخفاض في قيمة الناقلية EC نتيجة تعريض الماء للمجال المغناطيسي حيث يغير خصائصه الكيميائية من بينها الناقلية
- ✓ حيث لاحظنا إنخفاض في الناقلية وهذا راجع الى تأثير المغنطة على الروابط الهيدروجينية[121]
- ✓ وإنخفاض تركيز كل من المغنزيوم Mgوالكلور CL راجع إلى أن مغنطة الماء تساهم في تبلور الأملاح داخل الماء فهي غير ضارة بالنبات وهذا ما أدى إلى إنخفاض هذه العناصر كما تعتبر هذه النتائج مؤشر إيجابي بالنسبة للنباتات المروية بالمياه الممغنطة [123]
- ✓ وبالمقابل لاحظنا إرتفاع في تركيز كل من الكالسيوم Caوالفسفور Pوالبيكربونات Hco-3 حيث يرجع هذا الارتفاع إلى ان مغنطة الماء تغير في خواصه وزيادة قدرة تفكك الليموني وهذا ما أدى إلى أدى إلى اذابة الأملاح المترسبة وتحرير هذه العناصر في صورة كرة وهذا ما يجعلها متاحة للإمتصاص من قبل النبات [124]

II. تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لدرنات البطاطا:

1.II. الخصائص الفيزيائية لدرنات البطاطا:

من خلال النتائج المبينة في جدول رقم (10) والذي يوضح مقارنة بين محتوى درنات البطاطا من حيث درجة الحموضة (ph)والناقلية الكهربائية (EC)تحت تأثير مياه الري (الممغنطة /غير ممغنطة)

الجدول 10: نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية لدرنات البطاطا

البطاطا غير ممغنطة		البطاطا ممغنطة	
PH	EC (mS/cm)	PH	EC (mS/cm)
6.02	9.41	8.26	12.53

1.1.II. بالنسبة لدرجة الحموضة ph:

نلاحظ أن هناك ارتفاعا في قيم ph في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بدرنات المسقية بالمياه غير ممغنطة حيث انخفضت قيمة ph من (8.26) في حالة الري بالمياه ممغنطة إلى (6.02) في حالة الري بالمياه غير الممغنطة.

2.1.II. بالنسبة للناقلية الكهربائية EC:

نلاحظ أيضا ارتفاع في قيم الناقلية الكهربائية في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بدرنات المسقية بالمياه غير ممغنطة حيث ارتفعت قيمة الناقلية الكهربائية من(9.41 ms/cm) في حالة الري بالماء غير ممغنط (إلى 12.53 ms /cm) في حالة الري بالماء الممغنط.

- ✓ ونفسرالارتفاع الملحوظ في قيم ph وانزياح الوسط نحو القاعدية بعد عملية المغنطة إلى تفكك التجمعات الجزيئة للماء بفعل المجال المغناطيسي مما قلل من تركيز أيونات الهيدروجين الحرة المسؤولة عن الحموضة
- ✓ وبالمثل فإن الإرتفاع المسجل في قيمة الناقلية (EC)يعود إلى تأثير هذا المجال الذي أضعف غلاف الإماهة المحيط بالأيونات مما زاد من حركيتها ونشاطها داخل المحلول وهذا ما يوافق تماما ماتوصل اليه الباحثين [125]

II.2. الخصائص الكيميائية لدرنات البطاطا:

II.2.1. نسبة المادة العضوية والرماد في درنات البطاطا:

الجدول 11: نتائج نسبة الرماد والمادة العضوية في درنات البطاطا

المعاملات / العنصر	بطاطا ممغنطة	بطاطا غير ممغنطة
نسبة الرماد %	04	06
نسبة المادة العضوية %	96	94

من خلال النتائج الموضحة في الجدول رقم (11) لاحظنا:

- ✓ المحتوى الرطوبي والرمادي: لوحظ ارتفاع في نسبة الرطوبة من 94% إلى 96% مقابل انخفاض في نسبة الرماد من 6% إلى 4% في الدرنات المروية بالمياه الممغنطة. ارتفاع الرطوبة يدل على تحسن كفاءة امتصاص الماء، بينما انخفاض الرماد يعكس تحسناً في الاستقلاب الأيضي للنبات.[126]

II.2.2. بالنسبة للعناصر المعدنية:

الجدول 12: نتائج تحليل الخصائص الكيميائية لدرنات البطاطا

المعاملات/ العنصر	بطاطا ممغنطة	بطاطا غير ممغنطة
الحديد Fe (µg/mL)	15.38	21.71
المغنزيوم Mg (µg/mL)	0.93	0.99
الكالسيوم Ca (µg/mL)	15.16	24.08
الكلور Cl (µg/mL)	0.16	0.24

يتضح من خلال النتائج المبينة في الجدول رقم (12) والذي يوضح مقارنة بين محتوى درنات البطاطا من العناصر المعدنية، من بينها (cl /ca/Mg/fe) تحت تأثير مياه الري (الممغنطة وغير ممغنطة) :

- ✓ تراجع نسبي في محتوى العناصر المعدنية الموجودة في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بدرنات المسقية بالمياه غير ممغنطة حيث انخفضت قيمة الحديد من (21.71µg/mL) إلى (15.38µg/ml) والكالسيوم من (24.08µg/ml) إلى (15/16µg/ml) و المغنزيوم من (µ0.93g/ml) إلى (0.99µg/mL) و الكلور من (0.24µg/mL) إلى (0.16 µg /mL)؛
- ✓ كما يعزى انخفاض تركيز العناصر المعدنية في درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة إلى تحفيز النمو السريع للكتلة الحيوية والنشوية وزيادة حجم ووزن الدرنات كما أدى فيسيولوجيا إلى حدوث مايعرف بتأثير خفيف حيث تتوزع كمية المعادن المستهلكة على حجم نسيجي أكبر وتتوافق هذه النتيجة ماتوصل إليه (selim،2019)[127] من ان الري بالماء الممغنط يرفع بشكل هائل من كفاءة الإنتاجية و الوزن الإجمالي الدرنات .

ورغم ان بعض الدراسات المرجعية تشير إلى أن المعالجة المغناطيسية للمياه قد تزيد من محتوى بعض العناصر المعدنية كالكالسيوم والمغنزيوم في الأجزاء الخضرية والبراعم لبعض النباتات كما ورد في دراسات سابقه ،الا انا نتائجنا المخبرية الحالية اظهرت انخفاضا في تركيز هذه العناصر داخل درنات البطاطا ويعزى هذا التباين إلى طبيعة العضو النباتي المدروس من ناحية عمر النبات مثلا .حيث تؤدي المغنطة إلى تحفيز التدفق الوعائي السريع للمياه نحو المجموع الخضري والبراعم بفعل قوة النتح ويعود انخفاض تركيز المعادن في نتائجنا إلى أن الري بالماء الممغنط يحفز التضخم السريع لحجم ووزن درنات البطاطا، مما يؤدي إلى تخفيف تركيز هذه العناصر وتشتها داخل كتلة حبة البطاطا الكبيرة .

ويتضح ايضا انخفاض تركيز العناصر المعدنية (كالحديد /الكالسيوم /المغنيسيوم /والكلور) في درنات البطاطا المروية بالمياه الممغنطة لا يعني أن جودتها ضعيفة بل هذا راجع لأسباب فيسيولوجية وفيزيائية معا فمن جهة، حبة البطاطا كبرت وتضخمت بسرعة (تأثير خفيف) وتوجهت بعض العناصر للأوراق فوق الأرض ومن جهة أخرى الماء الممغنط يساعد على تفكيك الأملاح في التربة وتسهيل غسلها (خاصة الكلور الزائد والملوحة) وابعادها عن الجذور[128] .

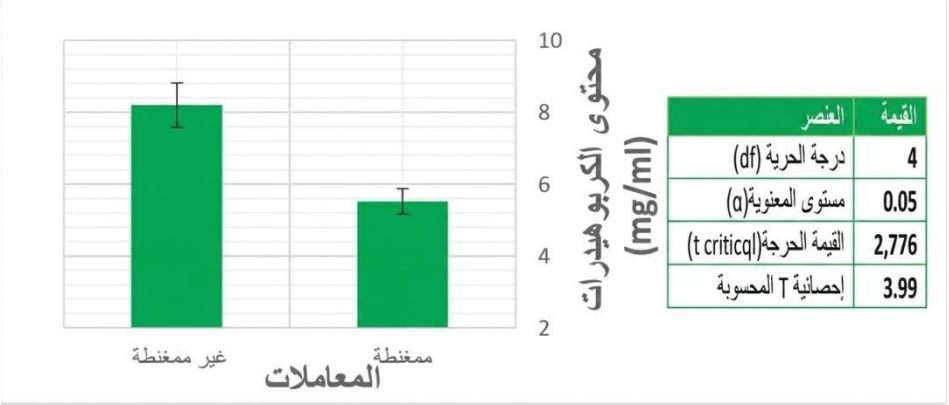
وهذا ما يفسر الانخفاض الذي ظهر في نتائجنا، حيث ساهمت المغنطة في توفير بيئة نمو أفضل النبات زادت من حجم الإنتاج والمردود الإجمالي.

II.3. تقدير القيمة الغذائية لدرنات البطاطا:

II.3.1. تقدير المركبات الكيميائية لدرنات البطاطا:

II.3.1.1. الكربوهيدرات:

يتضح من خلال النتائج المبينة في الوثيقة (30) وجود تباين ملحوظ في محتوى الكربوهيدرات في درنات البطاطا تحت نوعية مياه الري ، حيث أعطت درنات للبطاطا المسقية بالمياه الممغنطة محتوى الكربوهيدرات والتي قدرت ب (5.52mg/ml) أقل من محتوى الكربوهيدرات في درنات البطاطا المسقية بالمياه غير ممغنطة والمقدرة ب (8.19mg/ml) وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب الإختبار T عند مستوى دلالة∝(0.05=) أن الفروقات في محتوى الكربوهيدرات ذات دلالة إحصائية معنوية .



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة(t criticql)	2,776
إحصائية T المحسوبة	3.99

الوثيقة 30: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الكربوهيدرات في درنات البطاطا

نفسر انخفاض محتوى الكربوهيدرات في درنات البطاطا المسقية بمياه الري الممغنطة بأن المجال المغناطيسي للماء يؤدي إلى حدوث تغيرات في الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء حيث يغير في جزيئات الماء ويقلل توتره السطحي وقابلية ذوبان الأملاح مما يؤدي لتقليل ملوحة الماء والتربة وكما ذكر في [129] أن مغنطة الماء تساهم في نفاذية الأغشية الخلوية كما تسهل حركة امتصاص الماء و العناصر الغذائية من قبل الجذور. إضافة إلى ذلك زيادة في نسبة الأوكسجين (O_2)المذابة في الماء[125] وهذا ما يؤدي إلى زيادة كفاءة التمثيل الضوئي للنبات وزيادة نشاطه الأيضي العام وتعزيز نموه من حيث انبات البذور وزيادة النمو الخضري مما يرفع من انتاجه وهذا ما يتوافق مع نتائج لقوله أن مغنطة الماء ترفع من كفاءة عملية التركيب الضوئي وزيادة انتاجية النبات. وهذا ما يتطلب طاقة بالتالي يستهلك النبات الكربوهيدرات للحصول على الطاقة اللازمة للنمو و التطور وهذا الإستهلاك المرتفع يقلل من تراكم الكربوهيدرات في الدرنات وهذا ما يوافق ما قاله (Sadim ,2023)[130]

كما يمكن ان نفسر أيضا استهلاك النبات للكربوهيدرات جزءا منه يستخدمها للحصول على طاقة كما ذكرنا سابقا و الجزء الآخر يقوم بتحويلها إلى مركبات فيتوكيميائية عبر مسارات أيضية وهذا يرجع لما وجد في (daniela et al ,2024)[131] حيث يشير الى ان المركبات الثانوية (الفيتوكيميائية) تشتق من المركبات الأولية (الكيميائية)ولعل الدليل الأهم الذي يؤكد استهلاك الكربوهيدرات في بناء المنظومة الدفاعية للنبات

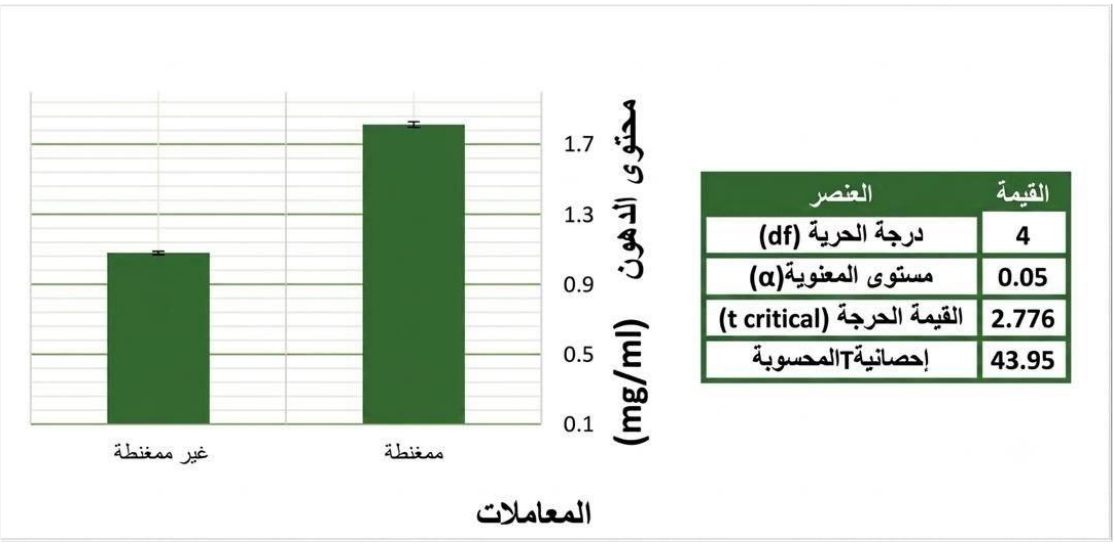
وتحسين نموه تحت تأثير الري بالمياه الممغنطة هو الإرتفاع الملحوظ المركبات الفيتوكيميائية الذي سجلناه في نفس هذه الدرنات، وهذا مايقلل من المحتوى النهائي الكربوهيدرات في العينة .

رغم ان هذه الدراسة أوضحت انخفاض محتوى الكربوهيدرات في البطاطا صنف سيونتا المروية بالمياه الممغنطة أقل من محتوى الكربوهيدرات في البطاطا المروية بالمياه الممغنطة إلا ان بعض الدراسات الأخرى من بينها دراسة (بوران وآخرون ،2021) أشارت إلى نتائج معاكسة ،هذا التباين يعزي إلى إختلاف الظروف البيئية والتجريبية أهمها (درجة الملوحة ،نوع التربة ،شدة المغنطة) وهذا مايؤكد أن تأثير المياه الممغنطة ليس ثابتا بل يتأثر بمجموعة من العوامل.

II.2.1.3. الدهون:

يتضح من خلال النتائج المبينة في الوثيقة (31) وجود تباين في محتوى الدهون لدرنات البطاطا تحت نوعية مياه الري ، حيث أعطت درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة محتوى الدهون والتي قدرت ب (1.81mg/mL) أعلى من محتوى الدهون في درنات البطاطا المسقية بالمياه غير ممغنطة والمقدرة ب

(1.08 mg/ml) وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب الإختبار T عند مستوى دلالة (∝=0.05) أن الفروقات في محتوى الدهون ذات دلالة إحصائية معنوية .



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائيةTالمحسوبة	43.95

الوثيقة 31: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الدهون في درنات البطاطا

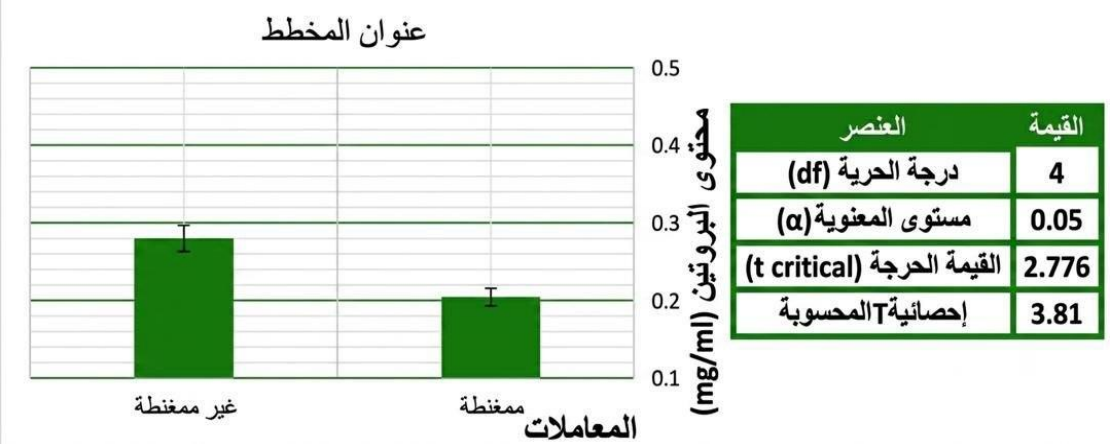
قد يعود سبب زيادة محتوى الدهون في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة إلى أن تقنية مغنطة الماء لها آثار إيجابية للنبات تتمثل في نفاذية غشاء الخلية وتحسين امتصاص العناصر الغذائية والمعادن الأساسية مما يسهم في تحسين الخصائص الكيميائية والفيزيائية والفيزيولوجية إضافة لذلك فإن مغنطة الماء

تعمل على تنشيط الهرمونات وتحفيز نشاط الإنزيمات في النبات مما يؤدي إلى تحسين النمو وزيادة محصول البطاطا ومن هنا يمكننا أن نفسر زيادة محتوى الدهون في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة قد يرجع إلى تنشيط انزيمات تخليق الدهون مثل إنزيم أستيل كواكاربوكسيلاز (Accase)وانزيم تركيب الأحماض الدهنية(FAS (fatty Acid Symthase. وهذا ما يؤدي إلى تحسين نمو النبات ورفع كفاءة التمثيل الضوئي وزيادة محتوى الكلوروفيل والكاروتينات في الأوراق وهذا ما أدى إلى زيادة محتوى الدهون في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة

كما تتوافق هذه النتائج مع النتائج التي توصل إليها (Yusuf et Rached ,2020)[132] حيث توصل إلى أن محتوى الدهون في البطيخ المسقي بالمياه الممغنطة يفوق محتوى الدهون في البطيخ المسقي بالمياه غير ممغنطة

II.3.1.3. البروتين:

يتضح من خلال النتائج المبينة في الوثيقة (32) وجود تباين في محتوى البروتين لدرنات البطاطا تحت نوعية مياه الري، حيث اعطت درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة محتوى البروتين والتي قدرب (0.20mg/mL) أقل من محتوى البروتين في درنات البطاطا المسقية بالمياه الغير ممغنطة والمقدرة ب (0.28mg/mL) وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب الإختبار T عند مستوى دلالة ∝(0.05=) أن الفروقات في محتوى البروتين ذات دلالة إحصائية معنوية .



العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائيةTالمحسوبة	3.81

الوثيقة 32: مخطط يوضح تأثير المياه الممغنطة على محتوى البروتين في درنات البطاطا

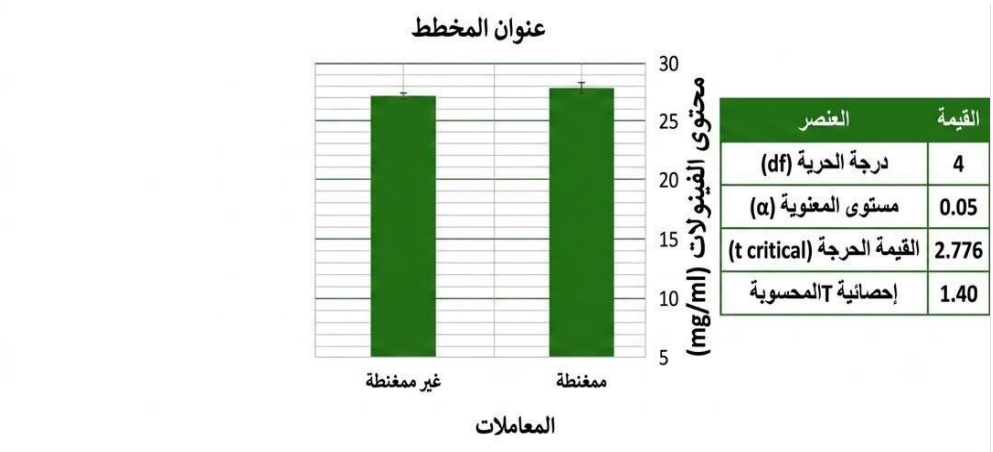
ان انخفاض محتوى البروتين في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة يرجع إلى: بعد تعريض الماء للتحريض المغناطيسي يغير من خواصه الفيزيائية والكيميائية وري نبات البطاطا بالمياه الممغنطة يؤدي إلى تنشيط الانزيمات الضرورية لحدوث واستمرار العمليات الحيوية النبات ،وتحسين امتصاص

العناصر الغذائية خاصة النتروجين الذي بدوره يدخل في تكوين البروتين وهذا ماينعكس على رفع كفاءة التمثيل الغذائي وكذلك أيضا نمو وتطوير إنتاجية المحاصيل ووفقاً لما ذكر في (Michaelwimk,2008/Nathalie,2005)[133, 134] يمكن ان نفسر هذا الإنخفاض في محتوى البروتين في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة أن النبات لم يستخدم النتروجين في بناء البروتين فقط أي جزء الآخر منه تم توجيهه نحو مسارات الدفاع ،اذ يقوم النبات بتوجيه النتروجين لتركيب مركبات دفاعية مثل البرولين ،الفينولات ،الفلافونويدات على حساب تركيب البروتين ،حيث هذه المركبات لا تعمل فقط كخط دفاعي ضد الإجهاد كما تعتبر أيضا مركبات لتخزين النتروجين .وهذا مايفسر الانخفاض في المحتوى النهائي للبروتين في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة كما يرجع هذا الإنخفاض في هذه الدراسة حيث نسبة الانخفاض حوالي 20%مقارنة بالبطاطا المروية بالمياه غير ممغنطة الا ان عند ري نبات البطاطا بالمياه الممغنطة خفف من شدة الإجهاد الملحي وخفض من درجة الملوحة وهذا مايقلل من تراكم البرولين بكثرة.

II.3.2. تقدير المركبات الفيتوكيميائية لدرنات البطاطا:

II.3.2.1. الفينولات:

يتضح من خلال النتائج المبينة في الوثيقة (33) وجود تباين في محتوى الفينولات في درنات البطاطا تحت نوعية مياه الري . حيث أعطت درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة محتوى الفينولات و التي قدرت ب (27.82mg/mL) أعلى من محتوى الفينولات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الغير الممغنطة المقدرة ب(27.11mg/mL)وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب الإختبار T عند مستوى دلالة ∝(0.05=) أن الفروقات في محتوى الفينولات ذات دلالة إحصائية لا معنوية للحصول على قيمة T المحسوبة أصغر من القيمة الجدولية لها.



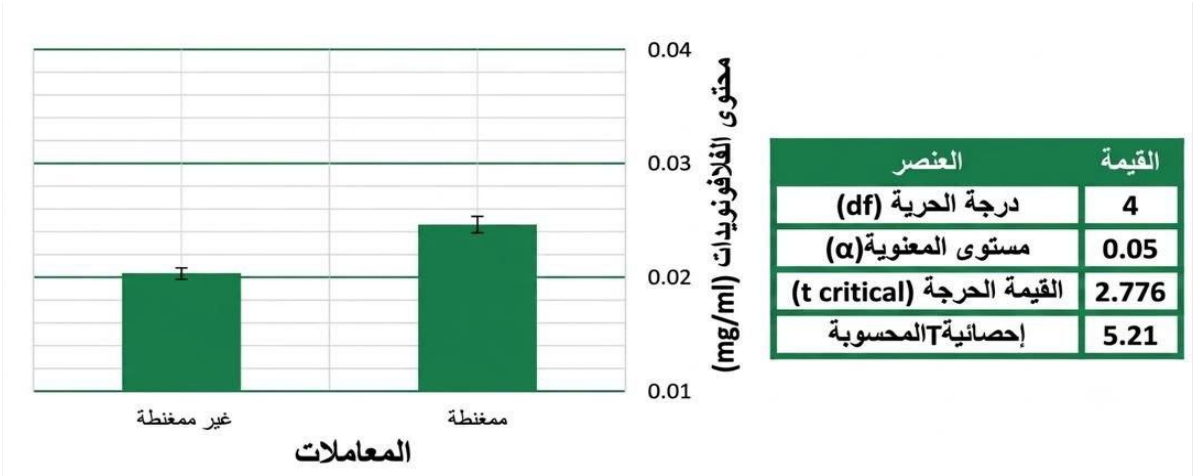
الوثيقة 33: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الفينولات في درنات البطاطا

عندما يتم ري النباتات بالمياه الممغنطة يحدث تفاعل داخلي معقد ينعكس بشكل مباشر على انتاج المركبات الفيتوكيميائية ومن ابرزها الفينولات . هذه الضاهرة يمكن تفسيرها من خلال عدة مستويات مترابطة تبدأ من خصائص الماء نفسه وصولا إلى التغيرات الأيضية داخل خلايا النباتية.

تقنية المغنطة تمتاز بقدرتها على تغيير البنية الجزيئية للماء، مما يؤدي إلى احداث تغيرات في الضغط الاسموزي وهذا ما يؤدي إلى تحسين امتصاص الماء و العناصر الغذائية مما ينتج عنه زيادة نفاذية الغشاء من خلال توجيه الفسفوليبيدات الغشائية كما تؤثر على قنوات الصوديوم والكالسيوم في الغشاء مما ينجم عنه دخول الأيونات للخلية، مما يجعل الأملاح أكثر ذوبانية وهذا ما يؤدي إلى انخفاض ملوحة الماء والتربة (Etimad Alattar2022)[78] مما ينعكس إلى تعزيز النشاط الأيضي وتحفيز نشاط الإنزيمات كما يمكن ان نفسر زيادة في محتوى الفينولات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة إلى تحفيز انزيم PAL (Phenylalanine Ammonia lyase)والمسؤول على تخليق الفينولات في النبات كما ورد في (Xiaozhu Wv ,2025)[125]، وهذا ما يؤثر بشكل كبير على زيادة محتوى الفينولات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة

II.2.2.3.الفلافونويدات:

يتضح من خلال النتائج المبينة في الوثيقة (34) وجود تباين في محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا تحت نوعية مياه الري ،حيث اعطت درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة محتوى الفلافونويدات والتي قدرت ب (0.024mg/mL) أعلى من محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الغير الممغنطة والمقدرةب (0.020mg/mL) وكما تبين من التحليل الإحصائي حسب الإختبار T عند مستوى دلالة ∝(0.05=) أن الفروقات في محتوى الفلافونويدات ذات دلالة إحصائية معنوية

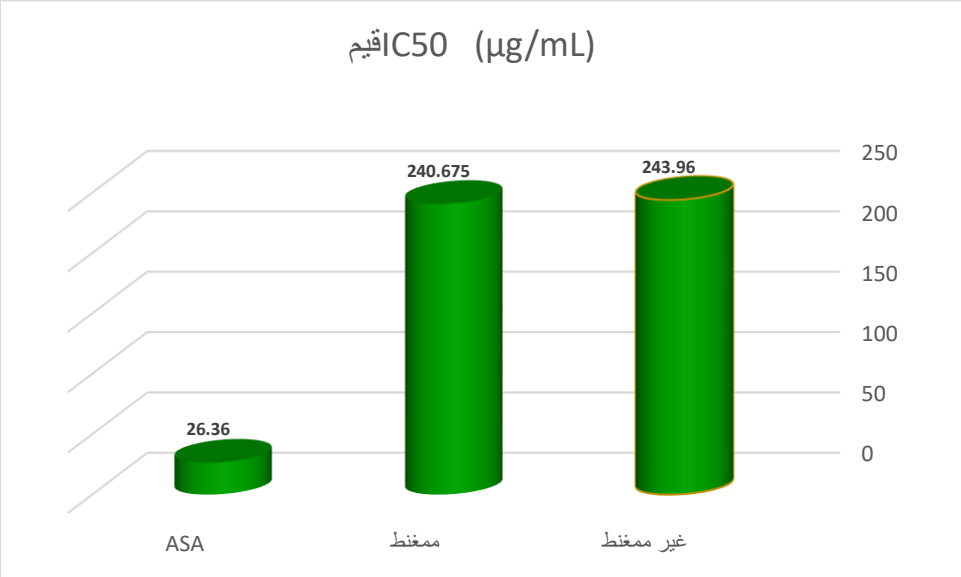


العنصر	القيمة
درجة الحرية (df)	4
مستوى المعنوية(α)	0.05
القيمة الحرجة (t critical)	2.776
إحصائيةTالمحسوبة	5.21

الوثيقة 34: مخطط يوضح تأثير مياه الري الممغنطة على محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا

نفسر زيادة محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة بإعادة برمجة الأيض النباتي حيث تتغير خصائص الماء عند تعريضه للتحريض المغناطيسي مما يؤدي إلى خفض التوتر السطحي الماء ولزوجته وانخفاض نسبة الملوحة وتحسين امتصاص المعادن (Etimad ALattar ,2022)[78] والتي بدورها كعامل مؤثر لتحفيز الإنزيمات وهذا مايفسر ارتفاع محتوى الفلافونويدات في درنات البطاطا المسقية بالمياه الممغنطة حيث يعود إلى تحفيز نشاط الإنزيمات التي تدخل في تخليق الفلافونويدات وهذا مايثبت النتائج التي تحصلت عليها ألا وهي ارتفاع معتبر في محتوى الفلافونويدات بعد سقي النبات بالمياه الممغنطة ، كما تعتبر الفلافونويدات من المركبات الفيتوكيميائية التي تعمل كمضادات أكسدة قوية وهذا مايساهم في حماية النبات

II.3.2.3.مضادات الاكسدة:



الوثيقة35: مخطط يوضح تأثير الري بالمياه الممغنطة وغير الممغنطة على القدرة المضادة للأكسدةIC50 لنبات البطاطا مقارنة بحمض الأسكوربيك

أظهرت نتائج تقييم القدرة المضادة للأكسدة لنبات البطاطا في الوثيقة (35) تقاربا كبيرا بين العينات المعاملة بالمياه الممغنطة وغير ممغنطة حيث بلغت قيم (240.675mg/mL) و (243.96mg/mL) على التوالي، حيث يحافظ المرجع القياسي (حمض الأسكوربيك) على القيمة المنخفضة (26.36mug /mL).

وفقا لي (pokorny et al .2001)[135] فإنه كلما انخفضت قيمةIC50 زاد النشاط المضاد للأكسدة وبناءً على ذلك تظهر العينات الممغنطة نشاطا مضادًا للأكسدة أعلى من العينات غير ممغنطة لكنها تظل أقل فعالية من المرجع القياسي (حمض الأسكوربيك) .ويشير هذا التقارب الرقمي والإرتفاع النسبي في قسم

IC50 إلى أن معاملة المغنطة لم تحدث تأثيرا جوهريا أو تحفيزا فيسيولوجيا ملحوظا في القدرة الإختزالية لمستخلص البطاطا ضد ال DPPH في ظروف التجربة الحالية، ويعزى هذا الاحسن إلى أن المعاملة بالمياه الممغنطة تؤدي إلى تكسير التجمعات الجزيئة الكبيرة الماء وإضعاف روابطها الهيدروجينية مما يتسبب في خفض التوتر السطحي للمسامات المائية، هذا التغير الفيزيائي يرفع من نفاذية الماء والجرعات الغذائية الذائبة فيه عبر الأغشية الخلوية لجذور النبات كما يحفز نشاطه الأيضي.

اذن النفاذية العالية والامتصاص المثالي للمياه و العناصر المغذية يفعل المغنطة يعمل كمحفز حيوي داخل الأنسجة النباتية ،حيث يترتب على هذا التدفق تنشيط الإنزيمات الدفاعية كإنزيم (PAL) المسؤولة عن تحفيز مسارات الأيض الثانوية ونتيجة لذلك تزداد وفرة وتراكم المركبات الفينولية والفلافونويدات في المستخلص .

ونتيجة لذلك فإن المستخلص الذي تم فحصه ليس فيتامينات صافية بل هو مزيج يحتوي على نسبة هائلة من النشاء والألياف ونسبة ضئيلة جدا من الفينولات المضادة للأكسدة، حيث تعمل هذه النشويات كمادة مخففة تقلل من تركيز الفينولات الفعالة في المحلول هذا التخفيف الطبيعي يفسر سبب احتياجنا لجرعة كبيرة من مستخلص البطاطا لتعطي مفعولات مقارنة بحمض الأسكوربيك القياسي بنسبة 100%وخالية من هذه المواد التخزينية المبطنة للتفاعل[133]

وهو مايجعل تأثير المعاملة بالمياه الممغنطة ينعكس بشكل محدود جدا على هذه التركيبة التخزينية المعقدة، الأمر الذي يفسر ظهور فوارق طفيفة بين العينات الممغنطة وغير ممغنطة في هذه التجربة.

الخاتمة

الخاتمة

نلخص في ختام هذه الدراسة إلى أن المكانة الغذائية والاقتصادية الرائدة لمحصول البطاطا تجعل منه خياراً إستراتيجياً لا غنى عنه لتحقيق الأمن الغذائي، غير أن استمرار مشكلة الملوحة يمثل التحدي الأكبر الذي يهدد السلامة الفسيولوجية لهذا النبات ومستويات إنتاجيته. وبناءً على ما تم استعراضه، تبين أن الاعتماد على التقنيات الزراعية الحديثة وعلى رأسها تقنية مغنطة مياه الري، يُمثل بديلاً مستداماً وفعالاً كفيلًا بتخفيف الأضرار الناجمة عن الملوحة ورفع كفاءة الإنتاج؛ حيث تعتمد هذه التقنية على تمرير المياه عبر مجال مغناطيسي لتعديل خصائصها الفيزيوكيميائية، مما يسهل على النبات امتصاصها ويحفز نموه وقدرته على تحمل الإجهاد الملحي. ولا يقتصر تأثير الماء الممغنط على تقليل أضرار الملوحة واقتصاد مياه السقي كتقنية صديقة للبيئة فحسب، بل يمتد تأثيره مباشرة إلى تحسين الخصائص البيوكيميائية والفيتوكيميائية لنبات البطاطا من خلال تعزيز امتصاص العناصر المعدنية الأساسية (كالنيتروجين، الفسفور، والبوتاسيوم)، وتعديل حموضة الخلايا لرفع كفاءة التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى تحفيز المنظومة الدفاعية للنبات لزيادة إنتاج المركبات الفينولية، الفلافونويدات، ومضادات الأكسدة، مما يضمن في النهاية تحسين جودة وكمية محصول الدرنات.

ومن هذا المنطلق، نوصي بضرورة مواصلة الأبحاث الأكاديمية لمعرفة التأثير الدقيق للماء الممغنط على أنواع التربة المختلفة والمحاصيل والأسمدة، مع تجريب هذه التقنية وتقييمها عبر شتى نظم السقي (كالتقطير، الرش، والري السطحي) لتحديد النظام الأكثر كفاءة، كما ندعو إلى تكثيف الجهود الإرشادية لتوجيه الفلاحين نحو تطبيقها عملياً كأداة مبتكرة لمواجهة التغيرات المناخية، آملين أن تسهم نتائج هذا البحث في تقديم حلول علمية وعملية للمزارعين تدعم التنمية الزراعية المستدامة وتعزز الأمن الغذائي في ظل الظروف البيئية الصعبة.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

1. R. Machida-Hirano, "Diversity of potato genetic resources," Breeding science, vol. 65, pp. 26-40, 2015.
2. O. Salmensuu, "Potato importance for development focusing on prices," Journal of Risk and Financial Management, vol. 14, p. 137, 2021.
3. Hirvonen Prieto, "Impact of food production and import dependency on food security in Finland: scenario analysis of tomatoes, potatoes and apples," 2025.
4. O. S. S. Al-Hawshabi and M. A. A. S. Atif, "دراسة تصنيفية لرتبة الباذنجانيات Solanales في دلتا تبن، محافظة لحج، اليمن," University of Aden Journal of Natural and Applied Sciences, vol. 24, pp. 81-96, 2020.
5. F. FAOSTAT, "Statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy," ed, 2021.
6. K. A. Beals, "Potatoes, nutrition and health," American journal of potato research, vol. 96, pp. 102-110, 2019.

A. R. Mredul, M. I. Mahin, M. H.-A. RASHID, M. B. HOSSAIN, and M. A. RAHIM, "Anti-nutrient properties of different potato (Solanum tuberosum L.) and physicochemical properties of their extracted starches," Journal of Central European Agriculture, vol. 26, pp. 656-666, 2025.

7. M. K. Lal, A. Kumar, A. Kumar, R. Jena, P. Raigond, D. Kumar, et al., "Minerals in potato," in Potato: nutrition and food security, ed: Springer, 2020, pp. 87-112.
8. ع. الدين, "النمو، الكلوروفيل، المحصول والتركيب الكميائي والجودة لدرنات البطاطس and م. طه, نورا, ح. رشدى صنف سبونتا متأثراً بمواعيد الزراعة ومقننات الري," مجلة الإسكندرية للتبادل العلمى, vol. 42, pp. 657-664, 2021.
9. F. Fao, "Food and agriculture organization of the United Nations," Rome, URL: http://faostat. fao. org, vol. 403, 2018.
10. D. Horton, Potatoes: Production, marketing, and programs for developing countries: CRC Press, 2019.
11. ابراهيم, "الخصائص الاقتصادية لدالة الإنتاج المتسامية لمحصول البطاطا بمنطقة and غانية, نذير , مسعودي, قعيد وادي سوف بالجزائر 2018," مجلة معهد العلوم الإقتصادية, vol. 23, pp. 711-730, 2020.
12. خ. المعري, "تأثير الإجهاد الملحي في بعض الصفات المورفولوجية and ر. ع. حمد, ر. ر. مصا, ف. البيسكي والبيوكيميائية لثلاثة أصناف من البطاطا والسلالات المنتخبة من الكالس المجهد," Arabian Journal of Scientific Research, vol. 2025, 2025.
13. D. Salunkhe, B. Desai, and J. Chavan, "Potatoes," in Quality and preservation of vegetables, ed: CRC Press, 2021, pp. 1-52.
14. R. Wijesinha-Bettoni and B. Mouillé, "The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets," American Journal of Potato Research, vol. 96, pp. 139-149, 2019.
15. J. H. Dupuis and Q. Liu, "Potato starch: a review of physicochemical, functional and nutritional properties," American Journal of Potato Research, vol. 96, pp. 127-138, 2019.
16. H. Campos and O. Ortiz, The potato crop: its agricultural, nutritional and social contribution to humankind: Springer, 2020.
17. N. Furrer, M. Chegeni, and M. G. Ferruzzi, "Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health," Critical reviews in food science and nutrition, vol. 58, pp. 146-168, 2018.
18. U. C. Gupta and S. C. Gupta, "The important role of potatoes, an underrated vegetable food crop in human health and nutrition," Current Nutrition & Food Science, vol. 15, pp. 11-19, 2019.
19. آ. ا. النويصر, "تأثير التسميد العضوي في الخصائص الخصوبية الأساسية للتربة وإنتاجية البطاطا and د. م. عود (صنف SPUNTA)," مجلة جامعة البعث–سلسلة العلوم الزراعية والتقانة الحيوية, vol. 44, 2022.

20. K. Zaheer and M. H. Akhtar, "Potato production, usage, and nutrition—a review," Critical reviews in food science and nutrition, vol. 56, pp. 711-721, 2016.
21. ذ. ع. ا. ف, "تأثير بعض عوامل الاستحثاث في مقاومة مرض تعفن جذور البطاطا المتسبب and س. و. عاشور عن Rhizoctonia," Anbar Journal of Agricultural Sciences, vol. 22, 2024.
22. E. G. Cutter, "Structure and development of the potato plant," in The potato crop: the scientific basis for improvement, ed: Springer, 1978, pp. 70-152.
23. Z. Huamán, Systematic botany and morphology of the potato vol. 6: International Potato Center, 1986.
24. P. Rousselle, J.-C. Crosnier, and Y. Robert, "La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations," 1996.
25. K. Singh, S. K. Chakrabarti, and B. Singh, Potato science and technology for sub-tropics: New India Publishing Agency, 2020.
26. N. E. H. FETTAH and I. OMAR, "Prévention contre les contraintes de stockage de la pomme de terre à l'aide d'un bioconservateur," Université Ibn Khaldoun–Tiaret, 2025.
27. S. H. Ahmadi, M. N. Andersen, F. Plauborg, R. T. Poulsen, C. R. Jensen, A. R. Sepaskhah, et al., "Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Yield and water productivity," Agricultural Water Management, vol. 97, pp. 1923-1930, 2010.
28. C. M. Andre, M. Oufir, C. Guignard, L. Hoffmann, J.-F. Hausman, D. Evers, et al., "Antioxidant profiling of native Andean potato tubers (Solanum tuberosum L.) reveals cultivars with high levels of β-carotene, α-tocopherol, chlorogenic acid, and petanin," Journal of agricultural and food chemistry, vol. 55, pp. 10839-10849, 2007.
29. Oulmi, N. Semcheddine, A. Guendouz, B. Frih, N. Laadel, and A. Adjabi, "Response of Durum wheat (Triticum turgidum L. var. Durum) to direct and indirect selection under semi-arid conditions in Algeria," Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 24, 2023.
30. D. Levy, "The response of potatoes (Solunum tuberosum L.) to salinity: plant growth and tuber yields in the arid desert of Israel," Annals of Applied Biology, vol. 120, pp. 547-555, 1992.
31. 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.
32. B. L. Maheshwari and H. S. Grewal, "Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity," Agricultural water management, vol. 96, pp. 1229-1236, 2009.
33. 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.
34. R. Machida-Hirano, "Diversity of potato genetic resources," Breeding science, vol. 65, pp. 26-40, 2015.
35. O. Salmensuu, "Potato importance for development focusing on prices," Journal of Risk and Financial Management, vol. 14, p. 137, 2021.
36. Hirvonen Prieto, "Impact of food production and import dependency on food security in Finland: scenario analysis of tomatoes, potatoes and apples," 2025.
37. O. S. S. Al-Hawshabi and M. A. A. S. Atif, "دراسة تصنيفية لرتبة الباذنجانيات Solanales في دلتا تبن، محافظة لحج، اليمن," University of Aden Journal of Natural and Applied Sciences, vol. 24, pp. 81-96, 2020.
38. F. FAOSTAT, "Statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy," ed, 2021.
39. K. A. Beals, "Potatoes, nutrition and health," American journal of potato research, vol. 96, pp. 102-110, 2019.

40. R. Mredul, M. I. Mahin, M. H.-A. RASHID, M. B. HOSSAIN, and M. A. RAHIM, "Anti-nutrient properties of different potato (Solanum tuberosum L.) and physicochemical properties of their extracted starches," Journal of Central European Agriculture, vol. 26, pp. 656-666, 2025.
41. M. K. Lal, A. Kumar, A. Kumar, R. Jena, P. Raigond, D. Kumar, et al., "Minerals in potato," in Potato: nutrition and food security, ed: Springer, 2020, pp. 87-112.
42. ع. الدين, "النمو، الكلوروفيل، المحصول والتركيب الكميائي والجودة لدرنات البطاطس and م. طه, نورا, ح. رشدى صنف سبونتا متأثراً بمواعيد الزراعة ومقننات الري," مجلة الإسكندرية للتبادل العلمى, vol. 42, pp. 657-664, 2021.
43. F. Fao, "Food and agriculture organization of the United Nations," Rome, URL: http://faostat. fao. org, vol. 403, 2018.
44. D. Horton, Potatoes: Production, marketing, and programs for developing countries: CRC Press, 2019.
45. ابراهيم, "الخصائص الاقتصادية لدالة الإنتاج المتسامية لمحصول البطاطا بمنطقة and غانية, نذير , مسعودي, قعيد وادي سوف بالجزائر 2018," مجلة معهد العلوم الإقتصادية, vol. 23, pp. 711-730, 2020.
46. خ. المعري, "تأثير الإجهاد الملحي في بعض الصفات المورفولوجية and ر. ع. حمد, ر. ر. مصا, ف. البيسكي والبيوكيميائية لثلاثة أصناف من البطاطا والسلالات المنتخبة من الكالس المجهد," Arabian Journal of Scientific Research, vol. 2025, 2025.
47. D. Salunkhe, B. Desai, and J. Chavan, "Potatoes," in Quality and preservation of vegetables, ed: CRC Press, 2021, pp. 1-52.
48. Di Blase and S. Marchisio, The Food and Agriculture Organization (FAO) vol. 1: Martinus Nijhoff Publishers, 2024.
49. R. Wijesinha-Bettoni and B. Mouillé, "The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets," American Journal of Potato Research, vol. 96, pp. 139-149, 2019.
50. J. H. Dupuis and Q. Liu, "Potato starch: a review of physicochemical, functional and nutritional properties," American Journal of Potato Research, vol. 96, pp. 127-138, 2019.
51. H. Campos and O. Ortiz, The potato crop: its agricultural, nutritional and social contribution to humankind: Springer, 2020.
52. N. Furrer, M. Chegeni, and M. G. Ferruzzi, "Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health," Critical reviews in food science and nutrition, vol. 58, pp. 146-168, 2018.
53. U. C. Gupta and S. C. Gupta, "The important role of potatoes, an underrated vegetable food crop in human health and nutrition," Current Nutrition & Food Science, vol. 15, pp. 11-19, 2019.
54. آ. ا. النويصر , "تأثير التسميد العضوي في الخصائص الخصوبية الأساسية للتربة وإنتاجية البطاطا and د. م. عودة صنف (SPUNTA)," مجلة جامعة البعث–سلسلة العلوم الزراعية والتقانة الحيوية, vol. 44, 2022.
55. K. Zaheer and M. H. Akhtar, "Potato production, usage, and nutrition—a review," Critical reviews in food science and nutrition, vol. 56, pp. 711-721, 2016.
56. ذ. ع. ا. ف, "تأثير بعض عوامل الاستحثاث في مقاومة مرض تعفن جذور البطاطا المتسبب and س. و. عاشور عن Rhizoctonia," Anbar Journal of Agricultural Sciences, vol. 22, 2024.
57. [E. G. Cutter, "Structure and development of the potato plant," in The potato crop: the scientific basis for improvement, ed: Springer, 1978, pp. 70-152.
58. Z. Huamán, Systematic botany and morphology of the potato vol. 6: International Potato Center, 1986.
59. P. Rousselle, J.-C. Crosnier, and Y. Robert, "La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations," 1996.

60. K. Singh, S. K. Chakrabarti, and B. Singh, Potato science and technology for sub-tropics: New India Publishing Agency, 2020.
61. N. E. H. FETTAH and I. OMAR, "Prévention contre les contraintes de stockage de la pomme de terre à l'aide d'un bioconservateur," Université Ibn Khaldoun–Tiaret, 2025.
62. S. H. Ahmadi, M. N. Andersen, F. Plauborg, R. T. Poulsen, C. R. Jensen, A. R. Sepaskhah, et al., "Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Yield and water productivity," Agricultural Water Management, vol. 97, pp. 1923-1930, 2010.
63. R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, "Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56," Fao, rome, vol. 300, p. D05109, 1998.
64. W. A. Jury and R. Horton, Soil physics: John Wiley & Sons, 2004.
65. V. Kumar, V. Bharti, J. S. Chanchal, I. Anshu, and K. Sharma, "Fertigation: a contemporary strategy for boosting output: a review," Plant Archives, vol. 25, pp. 2345-2355, 2025.
66. R. S. Ayers and D. W. Westcot, Water quality for agriculture vol. 29: Food and agriculture organization of the United Nations Rome, 1985.
67. L. Li, "The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW): Systems at breaking point," 2021.
68. J. Keller and R. D. Bliesner, Sprinkle and trickle irrigation, 1990.
69. T. A. Bauder, R. M. Waskom, J. G. Davis, and P. L. Sutherland, Irrigation water quality criteria: Colorado State University Extension Fort Collins, 2011.
70. L. A. Richards, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils: US Government Printing Office, 1954.
71. J. Rhoades, A. Kandish, and A. M. Mashali, "The use of saline waters for crop production," 1992.
72. [N. Brady and R. Weil, "The Nature and Properties of Soils, 15th Edn (eBook)," ed: Boston: Pearson, 2017.
73. M. E. Sumner, "Sodic soils-New perspectives," Australian Journal of soil research, vol. 31, pp. 683-750, 1993.
74. R. Ayer, "Water quality for agriculture," FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, vol. 29, p. 141, 1985.
75. E. Maas, "Crop salt tolerance," Agricultural salinity assessment and management manual, pp. 262-304, 1990.
76. K. K. Tanji and N. C. Kielen, Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas, 2002.
77. D. A. Bucks, F. Nakayama, and R. Gilbert, "Trickle irrigation water quality and preventive maintenance," Agricultural water management, vol. 2, pp. 149-162, 1979.
78. M. Hayashi, "Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion," Environmental monitoring and assessment, vol. 96, pp. 119-128, 2004.
79. M. Pescod, "Wastewater treatment and use in agriculture-FAO irrigation and drainage paper 47," Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1992.
80. F. FAO, "The future of food and agriculture–Trends and challenges," Annual Report, vol. 296, pp. 1-180, 2017.
81. D. Hillel, Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment, and economics: World Bank Publications, 2000.
82. N. Alexandratos and J. Bruinsma, "World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision," 2012.
83. Y. Hoekstra, The water footprint assessment manual: Setting the global standard: Routledge, 2011.
84. E. Valério, S. Chaves, and R. Tenreiro, "Diversity and impact of prokaryotic toxins on aquatic environments: a review," Toxins, vol. 2, pp. 2359-2410, 2010.

85. P. Ravenscroft, H. Brammer, and K. Richards, Arsenic pollution: a global synthesis: John Wiley & Sons, 2011.
86. J. Rockström, M. Falkenmark, L. Karlberg, H. Hoff, S. Rost, and D. Gerten, "Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change," Water resources research, vol. 45, 2009.
87. T. Oweis and A. Hachum, "Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa," Agricultural water management, vol. 80, pp. 57-73, 2006.
88. M. Qadir, D. Wichelns, L. Raschid-Sally, P. G. McCornick, P. Drechsel, A. Bahri, et al., "The challenges of wastewater irrigation in developing countries," Agricultural water management, vol. 97, pp. 561-568, 2010.
89. J. Hamilton, F. Stagnitti, X. Xiong, S. L. Kreidl, K. K. Benke, and P. Maher, "Wastewater irrigation: the state of play," Vadose zone journal, vol. 6, pp. 823-840, 2007.
90. T. KK, "Agricultural salinity assessment and management," in American society of civil engineers, 1990, pp. 413-415.
91. R. Munns and M. Tester, "Mechanisms of salinity tolerance," Annu. Rev. Plant Biol., vol. 59, pp. 651-681, 2008.
92. E. V. Maas and S. Grattan, "Crop yields as affected by salinity," Agricultural drainage, vol. 38, pp. 55-108, 1999.
93. R. S. Ayers and D. Westcot, "Water quality for agriculture," 1976.
94. K. N. Chourasia, M. K. Lal, R. K. Tiwari, D. Dev, H. B. Kardile, V. U. Patil, et al., "Salinity stress in potato: Understanding physiological, biochemical and molecular responses," Life, vol. 11, p. 545, 2021.
95. S. A. Shahid, M. Zaman, and L. Heng, "Introduction to soil salinity, sodicity and diagnostics techniques," in Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques, ed: Springer, 2018, pp. 1-42.
96. L. Bernstein, "Effects of salinity and sodicity on plant growth," 1975.
97. L. G. Cavalcante, D. N. Dari, F. I. da Silva Aires, E. C. de Castro, K. M. Dos Santos, and J. C. S. Dos Santos, "Advancements in enzyme immobilization on magnetic nanomaterials: toward sustainable industrial applications," RSC advances, vol. 14, pp. 17946-17988, 2024.
98. H. Hamza, M. Shreif, M. M. Abd El-Azeim, and W. A. Mohamed, "Impacts of Magnetic Field Treatment on Water Quality for Irrigation, Soil Properties and Maize Yield," Journal of Modern Research, vol. 3, pp. 51-61, 2021.
99. D. Mara, Domestic wastewater treatment in developing countries: Routledge, 2013.
100. H. Bouwer, "Ground water recharge with sewage effluent," Water Science and Technology, vol. 23, pp. 2099-2108, 1991.
101. J. Vymazal, "Removal of nutrients in various types of constructed wetlands," Science of the total environment, vol. 380, pp. 48-65, 2007.
102. P. Rengasamy, "7 Soil salinity and sodicity," in Growing crops with reclaimed wastewater, ed: BioOne, 2006, p. 125.
103. J. Bogatin, N. P. Bondarenko, E. Z. Gak, E. E. Rokhinson, and I. P. Ananyev, "Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application conditions," Environmental science & technology, vol. 33, pp. 1280-1285, 1999.
104. J. G. Osorio-Reyes, H. M. Valenzuela-Amaro, J. J. P. Pizaña-Aranda, D. Ramírez-Gamboa, E. R. Meléndez-Sánchez, M. E. López-Arellanes, et al., "Microalgae-based biotechnology as alternative biofertilizers for soil enhancement and carbon footprint reduction: Advantages and implications," Marine Drugs, vol. 21, p. 93, 2023.
105. E. Alattar, E. Radwan, and K. Elwasife, "Improvement in growth of plants under the effect of magnetized water," Aims Biophysics, vol. 9, pp. 346-387, 2022.

106. S. A. Parsons, B.-L. Wang, S. J. Judd, and T. Stephenson, "Magnetic treatment of calcium carbonate scale—effect of pH control," Water Research, vol. 31, pp. 339-342, 1997.
107. N. Belyavskaya, "Biological effects due to weak magnetic field on plants," Advances in space Research, vol. 34, pp. 1566-1574, 2004.
108. M. G. Bhabani, R. Shams, and K. K. Dash, "Microgreens and novel non-thermal seed germination techniques for sustainable food systems: a review," Food Science and Biotechnology, vol. 33, p. 1541, 2024.
109. E. S. El-Zawily, M. El-Sawy, E. S. EL-Semellawy, and R. Abd-EL-Ghaffar, "Effect of magnetization and nano potassium particles on growth, yield and fruit quality of cucumber under plastic house conditions," Journal of Productivity and Development, vol. 23, pp. 627-652, 2018.
110. X. Pang and B. Deng, "Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field," Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy, vol. 51, pp. 1621-1632, 2008.
111. N. E. Fanous, A. A. Mohamed, and K. A. Shaban, "Effect of magnetic treatment of irrigation ground water on soil salinity, nutrients, water productivity and yield fruit trees at sandy soil," Egyptian Journal of Soil Science, vol. 57, pp. 113-123, 2017.
112. L. E. Eshun, "Microbial Technologies for Converting Phosphate-Loaded Fe (III) Oxides Into Useful Agricultural Fertilisers," The University of Manchester (United Kingdom), 2024.
113. 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," Water, vol. 14, p. 4048, 2022.
114. M. Hozayn and A. A. Qados, "Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (Cicer arietinum L.)," 2010.
115. S. M. Ahmed, "Effect of magnetic water on engineering properties of concrete," Al-Rafidain Engineering Journal, vol. 17, pp. 71-82, 2009.
116. N. Ahmed, B. Zhang, L. Deng, B. Bozdar, J. Li, S. Chachar, et al., "Advancing horizons in vegetable cultivation: a journey from ageold practices to high-tech greenhouse cultivation—a review," Frontiers in Plant Science, vol. 15, p. 1357153, 2024.
117. K. A. Abd-Elsalam and M. Zahid, Nanoscience and Soil-water Interaction in Agroecosystem: CRC Press, 2025.
118. M. M. Chaudhary, S. Hussain, C. Du, B. R. Conway, and M. U. Ghori, "Arsenic in water: understanding the chemistry, health implications, quantification and removal strategies," ChemEngineering, vol. 8, p. 78, 2024.
119. P. Bhatt, V. Kumar, S. Singh, and K. Kanojia, "Climatic/meteorological conditions and their role in biological contamination: A comprehensive review," Airborne Biocontaminants and Their Impact on Human Health, pp. 56-88, 2024.
120. X.-F. Pang, B. Deng, and B. Tang, "Influences of magnetic field on macroscopic properties of water," Modern Physics Letters B, vol. 26, p. 1250069, 2012.
121. Y. Chen, C. Lv, X. Ye, J. Ping, Y. Ying, and L. Lan, "Hydrogel-based pressure sensors for electronic skin systems," Matter, vol. 8, 2025.
122. بوترعة, "المنـــــاخ وأنشطة سكان وادي سوف خلال القـــرن 19 من الحتميـــة إلى التكيـــف," مجلة and بلال المعارف للبحوث والدراسات التاريخية, vol. 4, pp. 219-239, 2018.
123. إيمان, "تكنولوجيا الزراعة الذكية كآلية استراتيجية لتطوير القطاع الفلاحي في المناطق الصحراوية في and قنفود الجزائر," مجلة إضافات إقتصادية, vol. 9, pp. 127-146, 2025.
124. MEBARKI, " أثر برامج استصلاح الأراضي الفلاحية على التنمية الريفية بمنطقة وادي سوف," جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

125. زهير, "واقع وأفاق القطاع الفلاحي في الجزائر (دراسة حالة ولاية واد سوف في الصحراء المنخفضة الجزائرية)," مجلة أبحاث ودراسات التنمية and صيفي-Revue Recherches et Etudes en Développement-, vol. 8, pp. 428-443, 2021.

126. س. ه. ع. الحميد, "تأثير الزيولايت والرش بالحامض الأميني (الأرجنين) في الصفات الفسلجية ومحتوى نبات البطاطا من العناصر الغذائية," Samarra Journal of Pure and Applied Science, vol. 7, pp. 277-286, 2025.

127. V. Sandilya, N. Rangare, S. Rangare, V. Kumar, T. Rohit, B. Dehari, et al., "Potato production usages and nutrition: a review," Pharma Innov. J., vol. 12, pp. 1357-1365, 2023.

128. H. Chaumeton, S. Jutier, and C. Fragnaud, "La culture des pommes de terre," ed: P, 2006.

129. V. Quintarelli, "Impact of sustainable agronomical practices for the improvement of agricultural production," 2025.

130. م. د. ع. ع. ا. ف. م. العزاوي, "التحليل المكاني لخصائص التربة وأثرها بالإنتاج الزراعي في قضاء الخالص," 2023.

131. J. Vašíček, M. Kulhánek, K. Šulcová, J. Hladík, J. Černý, and J. Balík, "Addressing Magnesium Deficiency Through Crop Biofortification: Plant–Soil–Human Perspective—A Review," Plants, vol. 15, p. 801, 2026.

132. W. Hütsch, A. Heid, K. Keipp, and S. Schubert, "Can fertilization of potato (Solanum tuberosum L.) with potassium sulfate cause oxidative stress in the plants?," Journal of Plant Nutrition and Soil Science, vol. 187, pp. 459-469, 2024.

133. S. Pandey, N. P. Bhatta, P. Paudel, R. Pariyar, K. H. Maskey, J. Khadka, et al., "Improving fertilizer recommendations for Nepalese farmers with the help of soil-testing mobile van," Journal of Crop Improvement, vol. 32, pp. 19-32, 2018.

134. J. B. Jones Jr, Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis: CRC press, 2001.

135. S. Shibko, P. Koivistoinen, C. Tratnyek, A. Newhall, and L. Friedman, "A method for sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid, and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction," Analytical biochemistry, vol. 19, pp. 514-528, 1967.

136. H. Beldi, "Étude de Gambusia affinis (Poisson, Téléostéen) et Donax trunculus (Mollusque, Pélécypode): écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes," Annaba (Algérie): Université Badji Mokhtar d'Annaba, 2007.

137. M. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith, "Colorimetric method for determination of sugars and related substances," Analytical chemistry, vol. 28, pp. 350-356, 1956.

138. G. Goldsworthy, W. Mordue, and J. Guthkelch, "Studies on insect adipokinetic hormones," General and Comparative Endocrinology, vol. 18, pp. 545-551, 1972.

139. K. Bembem and B. Sadana, "Effect of cooking methods on the nutritional composition and antioxidant activity of potato tubers," International Journal of Food and Nutritional Sciences, vol. 2, pp. 26-30, 2013.

140. Matkowski and M. Piotrowska, "Antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants from the Lamiaceae," Fitoterapia, vol. 77, pp. 346-353, 2006.

141. V. L. Singleton and J. A. Rossi Jr, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents," American journal of Enology and Viticulture, vol. 16, pp. 144-158, 1965.

142. R. G. Woisky and A. Salatino, "Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control," Journal of apicultural research, vol. 37, pp. 99-105, 1998.

143. مباركة, "المساهمة في دراسة مستخلصات نبتة الكلخة," جامعة قاصدي مرباح ورقلة and ب. خناثة.

144. M. Hozayn, A. A. AbdEl-Monem, and A. A. El-Mahdy, "Alleviation salinity stress in germination, seedling vigor, growth, physiochemical, yield and nutritional value of Chickpea (Cicer arietinum

L) using magnetic technology in sandy soil," Egyptian Journal of Chemistry, vol. 65, pp. 1317-1331, 2022.
145. B. Mostafazadeh-Fard, M. Khoshravesh, S. Mousavi, and A. Kiani, "Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation," Journal of irrigation and drainage engineering, vol. 138, pp. 1075-1081, 2012.
146. Y. Wang, H. Wei, and Z. Li, "Effect of magnetic field on the physical properties of water," Results in Physics, vol. 8, pp. 262-267, 2018.
147. M. Amiri and A. A. Dadkhah, "On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment," Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, vol. 278, pp. 252-255, 2006.
148. X.-F. Pang and B. Deng, "The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field," Physica B: Condensed Matter, vol. 403, pp. 3571-3577, 2008.
149. M.-C. Chang and C. Y. Tai, "Effect of the magnetic field on the growth rate of aragonite and the precipitation of CaCO3," Chemical Engineering Journal, vol. 164, pp. 1-9, 2010.
150. Szcześ, E. Chibowski, L. Hołysz, and P. Rafalski, "Effects of static magnetic field on water at kinetic condition," Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, vol. 50, pp. 124-127, 2011.
151. M. A. Qados and M. Hozayn, "Magnetic water technology, a novel tool to increase growth, yield and chemical constituents of lentil (Lens esculenta) under greenhouse condition," 2010.
152. X. Chen, K. Zhang, X. Gao, X. Ai, G. Chen, X. Guo, et al., "Effect of irrigation with magnetized and ionized water on yield, nutrient uptake and water-use efficiency of winter wheat in Xinjiang, China," Agricultural Water Management, vol. 308, p. 109292, 2025.
153. Radican, B. Qu, N. Yang, Y. Luo, and Z. Xiao, "Magnetic Field as a Non-Thermal Modulator in Biological Systems: Mechanistic Insights and Emerging Applications in Food and Agriculture," Sustainable Food Technology, 2026.
154. Selim, "Physiological response and productivity of potato plant (Solanum tuberosum L.) to irrigation with magnetized water and application of different levels of NPK fertilizers," Middle East J. Agric. Res, vol. 8, pp. 237-254, 2019.
155. I. Hameed and N. A. Mohammad, "The effect of using river water magnetization on corn yield and the properties of irrigation water and soil," Salud, Ciencia y Tecnologia-Serie de Conferencias, vol. 3, p. 874, 2024.
156. H. Bourarach, L. Masmoudi, H. Taimourya, A. El Harif, M. Oussible, N. Hassanain, et al., "Magnetically treated irrigation water improves the production and the fruit quality of strawberry plants (Fragaria× ananassa Duch.) in the northwest of Morocco," Journal of Agricultural Science and Technology B, 2018.
157. F. Putti, E. F. Vicente, P. P. N. Chaves, L. P. B. Mantoan, C. P. Cremasco, B. Arruda, et al., "Effect of magnetic water treatment on the growth, nutritional status, and yield of lettuce plants with irrigation rate," Horticulturae, vol. 9, p. 504, 2023.
158. Hamza, A. Menesi, A. Aalaf, A. Elbeltagi, A. E. Elwakeel, A. Salem, et al., "Influence of the magnetic field on the characteristics of sandy soil, groundwater, fruit quality, and peach water productivity at different irrigation distances in a desert environment," Applied Water Science, vol. 15, p. 233, 2025.
159. K. O. Yusuf, T. R. Ogunbamowo, and R. O. Obalowu, "Effect of magnetized water on water use efficiency, yield and nutritional qualities of watermelon under deficit irrigation," Agricultural Engineering International: CIGR Journal, vol. 22, pp. 51-60, 2020.
160. M. Wink, "Plant secondary metabolism: diversity, function and its evolution," Natural Product Communications, vol. 3, p. 1934578X0800300801, 2008.
161. N. Verbruggen and C. Hermans, "Proline accumulation in plants: a review," Amino acids, vol. 35, pp. 753-759, 2008.

162.J. Pokorny, N. Yanishlieva, and M. H. Gordon, Antioxidants in food: practical applications: CRC press, 2001.

163.2025 ، الغرفة الفلاحية لولاية الوادي

164.2026، مديرية البرمجة ومتابعة الميزانية لولاية الوادي

165. غمام،ع .(2016). دراسة تاثير الأسمدة العضوية المختلفة ومستوى النتروجين في نمو وانتاجية البطاطا صنف سبونتا في منطقة واد سوف [أطروحة دكتوراه ، جامعة الاخوة منتوري قسنطينة].

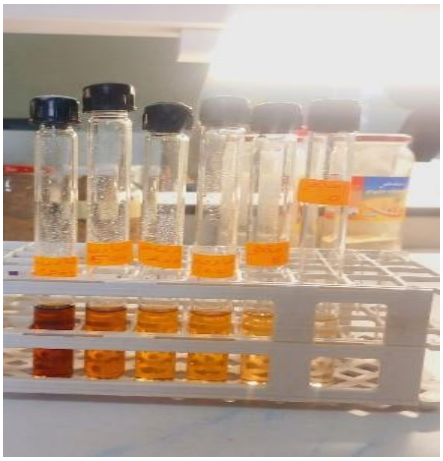
قائمة الملاحق

الملحق رقم (01): جدول يبين الأدوات والمحاليل والاجهزة المستعملة

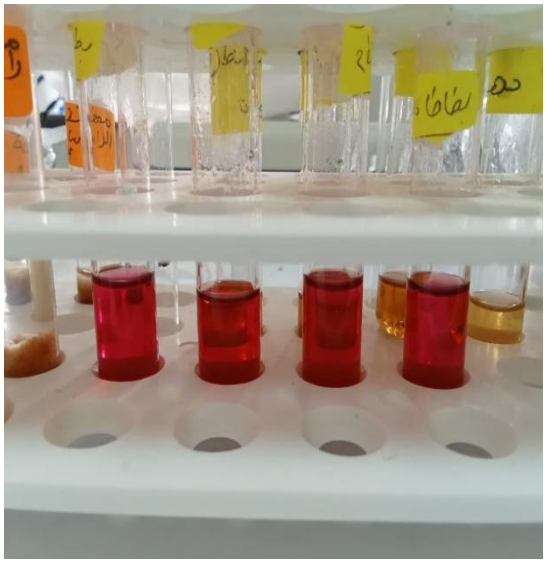
خطوات العمل	الأدوات	المحاليل والمواد	الأجهزة المستعملة
تحضير المستخلص	بيشر ملعقة (Sptule) حامل أنابيب أنابيب زجاجية انابيب اختبار مدرجة ماصة مدرجة (Micropipete)	ماء مقطر TCA Ether ChLoroforme NaoH	جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس جهاز الطرد المركزي (centrefégueuse)
تقدير الكربوهيدرات	انابيب اختبار زجاجية حامل انابيب زجاجية بيشر معلقة (Sptule) Descuves Micropipette	فينول حمض الكبريت ماء مقطر غلوكوز	جهاز المطيافية الضوئية Spectrophot) (Ométres
تقدير البروتينات	Micropipette ملعقة انابيب 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	مستخلصات نباتية ماء مقطر زيت الصوجا	جهاز المطيافية الضوئية spectro photométres) جهاز الرج

	حامل انابيب اختبار انبوب اختبار مدرج Descuves	حمض الكبريت المركز Ether/chloroforme Vanilline حمض الفسفوريك 85%	ميزان حساس
المستخلص الميثانولي	معلقة ورقة ترشيح Des cuves أنبوب اختبار مدرج	مسحوق درنات البطاطا 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 حامل انابيب اختبار	ماء مقطر MethanoL Alcl3 اسيتات صوديوم_بوتاسيوم Ch3cooNa_ch3cook	جهاز المطيافية الضوئية Spectrophotométres) جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس
تقدير النشاطية المضادة للأكسدة	بيشر ملعقة ورق المينيوم Des cuves أنبوب اختبار مدرج Micropipette حامل انابيب اختبار	DPPH+ MethanoL Acide Ascorbique	جهاز المطيافية الضوئية Spetrophotométres) جهاز الرج المغناطيسي ميزان حساس

الملحق رقم (02): صور توضح سلسلة المحاليل القياسية المحضرة في الدراسة

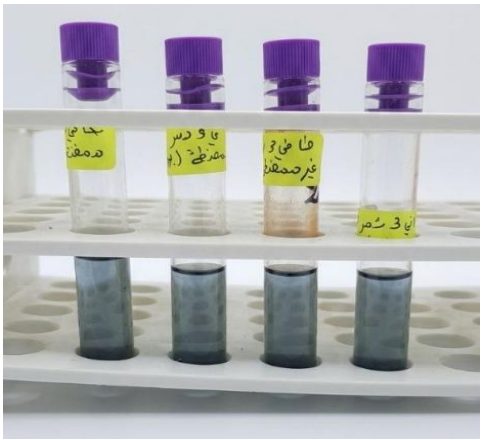


الوثيقة 01: صورة توضح سلسلة المحاليل القياسية للغلوكوز

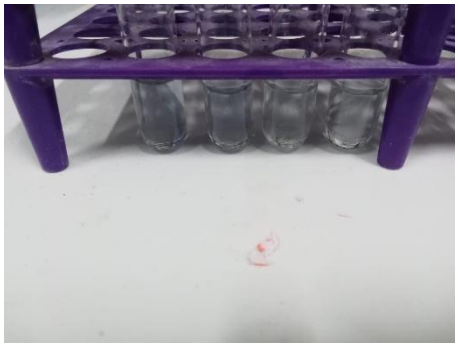


الوثيقة 02: صورة توضح سلسلة المحاليل القياسية للدهون

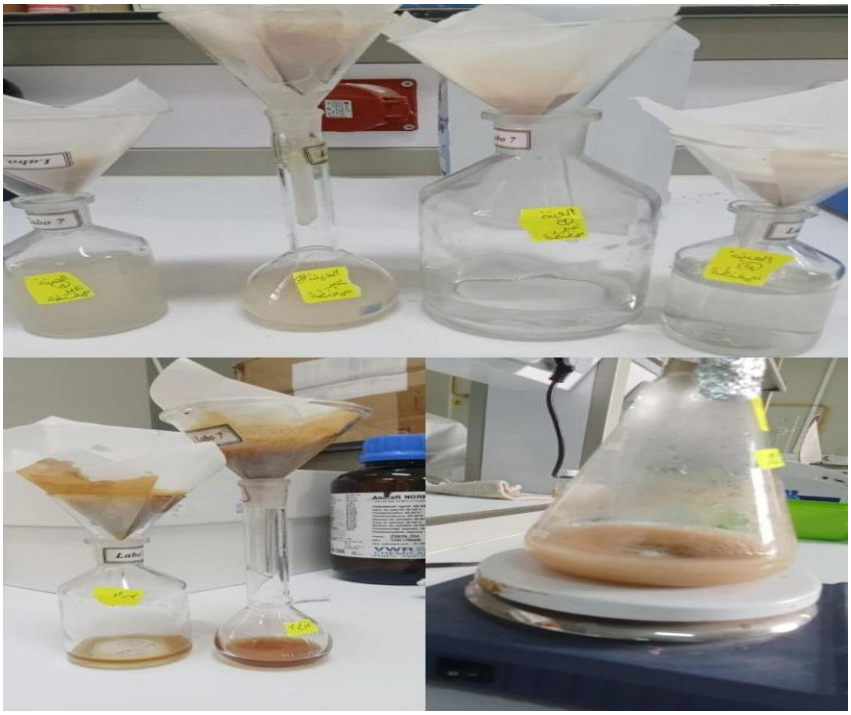
الوثيقة 03 : صورة توضح سلسلة المحاليل القياسية للبروتين



الوثيقة 04 : تقدر البروتين لعينات للبطاط



الوثيقة 05: تحضير المحلول القياسي لحمض الغاليك



الوثيقة 06: تحضير محلول التربة

الملحق رقم (03): الاجهزة المستعملة في الدراسة.

الوثيقة 01: ميزان الكتروني

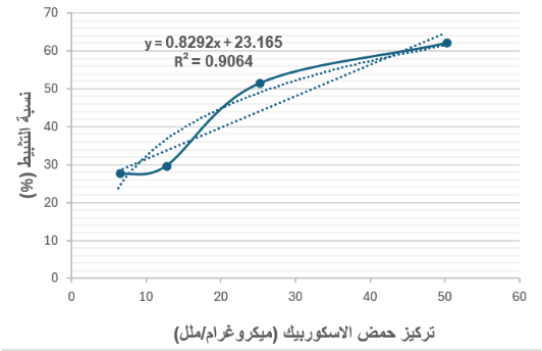
الوثيقة 02: جهاز الرج المغنطيسي

الوثيقة 03: ميزان حساس

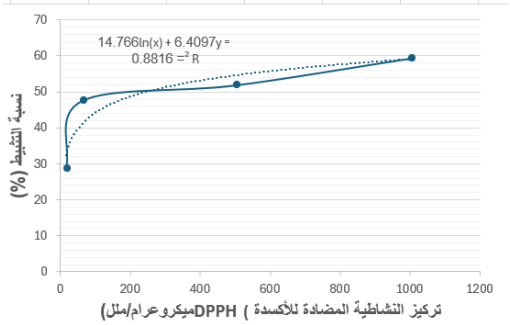
الوثيقة 04: ماصة دقيقةMicropipette

الوثيقة 05: فرن تجفيف

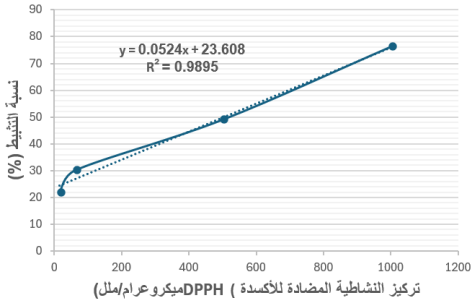
الملحق رقم (04): منحنيات مضادات الاكسدة لدرنات البطاطا



الوثيقة 01: المنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك



الوثيقة 02: نسبة تثبيط جذور DPPH الحرة بدلالة تركيز مستخلص بطاطا غير ممغنط



الوثيقة 03: نسبة تثبيط جذور DPPH الحرة بدلالة تركيز مستخلص البطاطا الممغنط