



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيولوجيا



مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي
ميدان: علوم الطبيعة والحياة
شعبة علوم بيولوجية
تخصص: التنوع الحيوي و فيزيولوجيا النبات

الموضوع:

دراسة تأثير مياه الري الممغنطة على إنتاجية محصول
البطاطا صنف سبونتا (Spunta) في منطقة وادي سوف

إشراف الدكتور:

* غمام عمارة الجيلاني

من إعداد:

- البشير سبع
- علي منصور
- محمد العيد العابد

* نوقشت يوم: الإثنين 24 جوان 2024.

لجنة المناقشة:

الاسم واللقب	الرتبة	الجامعة	الصفة
الأعوج حسن	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	رئيسا
غمام عمارة الجيلاني	أستاذ التعليم العالي	جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	مشرفا ومقررا
بن الحبيب عبد الحميد	أستاذ مساعد أ	جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	ممتحنا

الموسم الجامعي: 2024/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد عليه وعلى آله وصحبه أجمعين، فاللهم لك الشكر والحمد حتى ترضى ولك الشكر والحمد بعد الرضى.

تقدم في هذا المقام بالشكر الجزيل والامتنان العظيم إلى أستاذنا الفاضل

غمام عمارة الجيلاني على تأطيره لهاته المذكرة وعلى مرحابة صدره وصبوره علينا وعلى ما بذله من جهد عظيم ومتابعة تسهيل كل العقبات خلال مراحل إنجاز هذا البحث حيث لم يخل علينا بنصائحه وتوجيهاته القيمة، والتي نبع من خلالها هذا العمل المتواضع.

كما تتقدم بالشكر الخالص لأستاذنا الدكتور الأعوج حسن على قبوله رئاسة اللجنة، والأستاذ الدكتور بن الحبيب عبد الحميد على قبوله لعضوية اللجنة والذي ستشرفى مذكرتنا من خلال ما سبق قدمونه من نقد وتوجيهات ونصائح.

كما تتسع دائرة شكرنا إلى كل أساتذتنا الأكارم الذين فتحوا لنا درب البحث والتعلم في مشوارنا الدراسي من أول الطريق إلى آخره، لتتيسر وفتح سبل العلم والمعرفة لنا، وإلى جميع زملائنا الأعزاء كل باسمه

ووسمه طلبة دفعة سنة ثانية ماستر 2024

وإلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل من البداية إلى غاية النهاية.

علي، البشير، محمد العيد

الملخص

أنجزت هذه الدراسة في بلدية حاسي خليفة، والتي تهدف إلى استخدام التقنية المغناطيسية لمعالجة مياه الآبار الجوفية التي تتميز بالملوحة العالية، ومدى صلاحيتها في عملية سقي محصول البطاطس صنف سيونتا (Spunta) المعروف بانتشاره الواسع في منطقة وادي سوف، حيث تضمنت هذه الدراسة التركيز على الخصائص الإنتاجية لهذا المحصول، المعتمد في عملية السقي على الرش المحوري، ومن خلال تحليل المنتج وإجراء عملية المقارنة على مجموعة من المميزات بين المكررات المسقية بالمياه الممغنطة، والمسقية بالمياه غير الممغنطة، تبين ما يلي:

- متوسط عدد الدرنات في النباتات المسقية بالمياه الممغنطة كان أكبر مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة، وأن متوسط عدد الدرنات القياسية والمقصود بها الدرنات التي وزنها فوق (40غ)، حيث أظهرت النتائج أن هناك تفوق عدد الدرنات القياسية في النباتات المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة.

- متوسط وزن الدرنه (غ) كانت المقارنة بين المسقية بالمياه الممغنطة، والمياه غير الممغنطة، حيث كان التفوق للمسقية بالمياه الممغنطة مثل المقارنات السابقة، وهذه النتيجة كانت أيضا تشمل متوسط وزن الدرنه القياسية للنباتات المسقية بالمياه الممغنطة، والمياه غير الممغنطة.

- ومن ناحية متوسط الإنتاج في النبات (غ) كانت القيم للمياه الممغنطة"، أكبر من القيم للمياه غير الممغنطة أما الإنتاج في الهكتار فكان يقدر في المكررين المسقية بالمياه الممغنطة أكثر إنتاجا مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة، وفي عملية مقارنة الإنتاج القياسي في الهكتار أعطت الحسابات التي تم القيام بها توفيق واضح للنباتات المسقية بالمياه الممغنطة مقارنة بالمسقية بالمياه غير الممغنطة.

- التركيبة الدرنية للإنتاج كانت النسب متفاوتة حيث في الأوزان الأقل من (300غ) كان التفوق للنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة، على العكس من ذلك في الدرنات الأكبر من (300غ) كانت النسب لصالح النباتات المسقية بالمياه الممغنطة.

الكلمات المفتاحية: التقنية المغناطيسية - المياه الممغنطة - الرش المحوري- مكررين - التركيبة الدرنية.

Summary

This study was completed in the municipality of Hassi Khalifa, which aims to use magnetic technology to treat underground well water, which is characterized by high salinity, and to determine its suitability in the process of watering the potato crop, the Spunta variety, known for its wide spread in the Wadi Souf region. This study included a focus on the characteristics The productivity of this crop, which is based on pivotal spraying in the irrigation process, and through analyzing the product and conducting a comparison process on a set of features between replicates irrigated with magnetized water and those irrigated with non-magnetized water, shows the following:

-The average number of tubers in plants watered with magnetized water was greater compared to plants watered with non-magnetized water, and the average number of standard tubers, which is intended for tubers that weighed more than (40 grams), as the results showed that there was a greater number of standard tubers in plants watered with magnetized water compared to irrigated plants. With non-magnetized water.

The average tuber weight (g) was compared between watered with magnetized water and non-magnetized water, where the superiority was for watered with magnetized water like the previous comparisons, and this result also included the average weight of the standard tuber for plants watered with magnetized water and non-magnetized water.

In terms of the average production per plant (g), the values for the magnetized water were greater than the values for the non-magnetized water. As for the production per hectare, it was estimated that the two replicates watered with the magnetized water were more productive compared to the plants watered with the non-magnetized water. In the process of comparing the standard production per hectare, it gave The calculations that were carried out showed a clear agreement for plants watered with magnetized water compared to those watered with non-magnetized water.

The tuber composition of production was varied, as in weights less than (300 grams) the advantage was for plants watered with non-magnetic water. On the contrary, in tubers larger than (300 grams), the proportions were in favor of plants watered with magnetized water.

Keywords: magnetic technology - magnetic water - pivot spray - two repeats - tuber composition

فهرس المحتويات

الصفحة	المحتويات
	شكر وتقدير
	الملخص
	فهرس المحتويات
	فهرس الجداول
	فهرس الأشكال
أ	مقدمة
الجانب النظري	
الفصل الأول: دراسة نبات البطاطا	
6	أولاً: دراسة تاريخية
7	ثانياً: تصنيف النبات
8	ثالثاً: الوصف العام لنبات البطاطا
15	رابعاً: التركيب الكيميائي للدرنات
20	خامساً: المساحة العالمية لزراعة البطاطس واستهلاكها
الفصل الثاني: الملوحة، البطاطا والملوحة، مغنطة الماء	
26	أولاً: الملوحة
26	1. تعاريف
28	2. التحديات الحالية مع الأراضي المالحة
29	3. عمليات تملح التربة
30	4. أنواع التملح
34	5. الآثار الضارة للتملح
36	ثانياً: الملوحة ونبات البطاطا
36	1- إجهاد الملوحة في البطاطس
39	2- آثار الإجهاد الملحي على نمو البطاطس وتطورها
42	3- تأثير الملوحة على فسيولوجية البطاطس
49	4- تأثير الملوحة على الصفات البيوكيميائية للبطاطا
54	5- قابلية الإصابة بالأمراض والآفات
55	6- تحمل الملح في البطاطس

55	7-الأقارب البرية وأنواع البطاطس البدائية
56	8-أسلوب التربية لتعزيز تحمل الملح
56	9- الطرق النموذجية لمنع تملح التربة
57	ثالثا: طرق تقليل آثار ملوحة التربة
57	المغطة
57	1. مدخل
58	2. التفسير العلمي لتأثير الماء الممغنط
الجانب التطبيقي	
الفصل الثالث: الوسائل وطرق البحث	
84	أولا: تقديم منطقة الدراسة
88	ثانيا- المواد وطرق العمل
الفصل الرابع: تحليل ومناقشة النتائج	
97	تأثير المياه الممغنطة وغير الممغنطة على إنتاج البطاطس
97	1- متوسط عدد الدرنة في النبات
98	2- متوسط عدد الدرنة القياسية
99	3- متوسط وزن الدرنة (غ)
100	4- متوسط وزن الدرنة القياسية (غ)
101	5- متوسط الإنتاج في النبات (غ)
102	6- الإنتاج في الهكتار (القنطار)
103	7- الإنتاج القياسي في الهكتار (القنطار)
104	8- التركيبة الدرنية للإنتاج
105	الخاتمة
109	قائمة المصادر والمراجع

فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	الرقم
8	التصنيف العلمي لنبات البطاطا	1
16	متوسط محتوى أهم العناصر الغذائية الموجودة في درنة البطاطا (منظمة التعاون الإقتصادي والتنمية 2002).	2
67	تأثير MW على عملية التمثيل الغذائي ونمو وتطور النباتات. تم معالجة مياه الشرب بالمغنطة ما لم يُذكر خلاف ذلك.	3
70	تأثير المغنطة على خواص الماء والتربة ونمو النبات وتطوره عند استخدام المياه المالحة	4
80	تأثير MW على إنتاجية المياه في أنواع النباتات المختلفة عند حدوث مغنطة على أنواع مختلفة من المياه.	5
87	توزيع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)	6
87	توزيع متوسطات الرطوبة الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)	7
88	توزيع متوسطات التساقط الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)	8
104	توزيع نسب الدرنات حسب أوزان مختلفة	9

فهرس الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
1	منظر عام لنبات البطاطا	8
2	ورقة نبات البطاطا (ورقة مركبة)	9
3	زهرة نبات البطاطا	10
4	درنات بطاطا من منطقة سوف	12
5	رسم بياني توضيحي لدرنة البطاطا بطاطا	12
6	ازهار ثمار بذور البطاطا	14
7	البنية الكيميائية للنشاء الأميلوز والأميلوبكتين	17
8	استقلاب النشا	19
9	توزيع الإنتاج العالمي للبطاطا	21
10	منطقة زراعة البطاطس وإنتاج الأغذية الطازجة من (2013 إلى 2020)	22
11	نسبة مناطق زراعة البطاطا في البلدان العشرة الأولى في عام 2020	23
12	انتاج البطاطس الطازجة البلدان العشرة الأولى في عام 2020	24
13	عرض تخطيطي للملوحة المتنقلة	30
14	أنواع مختلفة من ملوحة الأراضي الجافة بأستراليا	33
15	نموذج تخطيطي يوضح تأثيرات الملوحة في البطاطس.	38
16	رسم توضيحي للتوازن الأيوني في النبات	45
17	إزالة السموم من أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) عن طريق مضادات الأكسدة الأنزيمية ونشاط الأكسدة غير الأنزيمية في الخلية النباتية.	51
18	تمثيل للروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء	60
19	رسم بياني لبعض التكوينات (البنية) الممكنة للجزيئات في الماء السائل	61
20	الاتجاه النسبي للدوران النووي لذرتي الهيدروجين	61
21	صورة توضح الموقع لولاية الوادي	84
22	صورة توضح النطاق البيومناخي لولادي الوادي	86
23	صور لبعض خصائص الصنف سبونتا	89
24	صورة توضح الحقل التجريبي	90
25	صورة توضح جهاز دلتا ووتر (Delta Water)	91
26	صورة توضح تثبيت جهاز دلتا ووتر (Delta Water) في المزرعة	92
27	صورة لكيس سماد الماب المستعمل في التجربة	93

97	مخطط يوضح متوسط عدد الدرنات في النبات بدلالة نوعية المياه	28
98	مخطط يوضح متوسط عدد الدرنات القياسية في النبات بدلالة نوعية المياه	29
99	مخطط يوضح متوسط وزن الدرنة في النبات بدلالة نوعية المياه	30
100	مخطط يوضح متوسط وزن الدرنة القياسية في النبات بدلالة نوعية المياه	31
101	مخطط يوضح متوسط الإنتاج في النبات بدلالة نوعية المياه	32
102	مخطط يوضح متوسط الإنتاج للنبات في الهكتار بدلالة نوعية المياه	33
103	مخطط يوضح متوسط الإنتاج القياسي للنبات في الهكتار بدلالة نوعية المياه	34

مقدمة

مقدمة

تعد البطاطس (*Solanum tuberosum L*) رابع أهم منتج أساسي يتم استهلاكه في جميع أنحاء العالم بعد الأرز والقمح والذرة (Lutaladio N., Castaldi L.2009). وهو مصدر غني بالكربوهيدرات والبروتينات والألياف الغذائية وحمض الأسكوربيك والريبوفلافين والمعادن (Raygond P. et al. 2020) وبحلول منتصف هذا القرن، من المتوقع أن يتراوح عدد سكان العالم بين 8.8 و10 مليار نسمة (Cleland J 2013) ستساعد البطاطس على ضمان الأمن الغذائي والتغذوي لعدد متزايد من السكان في الدول النامية (Devaux A., Kromann P., Ortiz 0. 2014) ومع ذلك، فإن زيادة حدوث الضغوط غير الحيوية بسبب تغير المناخ، مثل الحرارة والجفاف والملوحة يمكن أن يحد من إنتاج البطاطس وإنتاجيتها (Hijmans R.J.2003) ولذلك، فإن أهم التحديات الناشئة التي يواجهها العالم هي تطوير استراتيجيات مختلفة للتعامل مع سيناريوهات تغير المناخ، وضمان الأمن الغذائي والتغذوي في العقود القادمة (Tiwari R.K. et al 2020) من بين الجهود اللاحيائي المختلفة، يعد اجهاد الملوحة أحد العوامل الحاسمة التي تعيق إنتاج وإنتاجية البطاطس (Veilleux R.E ،Levy D.2007) تعتبر ملوحة التربة مشكلة كبيرة بالنسبة للزراعة المروية. في المناطق الحارة والجافة من العالم، غالبًا ما تكون التربة مالحة وذات إمكانات زراعية منخفضة. في هذه المناطق، تتم زراعة معظم المحاصيل تحت نظام الري، ومما يزيد من تفاقم المشكلة أن عدم كفاية إدارة الري يؤدي إلى التملح الثانوي الذي يؤثر على 20% من الأراضي المروية في جميع أنحاء العالم (Glick et al, 2007).

في هذا السياق، تبرز تقنية مغنطة المياه كأحد الحلول الواعدة لمواجهة تحديات الملوحة في الزراعة. تُعرف مغنطة المياه بأنها عملية تمرير المياه عبر مجال مغناطيسي قوي، مما يؤدي إلى تغييرات في خواص المياه الفيزيائية والكيميائية، وبالتالي تحسين كفاءتها في الري وقدرتها على تقليل التأثيرات السلبية للملوحة على النباتات.

تهدف هذه الدراسة إلى استعراض تأثير الملوحة على نبات البطاطا وتحليل كيفية تأثير مغنطة المياه في التخفيف من هذه التأثيرات، من خلال مراجعة بعض الأبحاث العلمية والتجارب العملية المتاحة في هذا المجال. سيتم التركيز على كيفية تأثير الملوحة على إنبات البطاطا، نمو الجذور، إنتاجية الدرنات، وجودة المحصول. بالإضافة إلى ذلك، سيتم دراسة الآليات التي تمكن المياه الممغنطة من تحسين تحمل النباتات للملوحة وتحسين خصائص التربة مثل الاحتفاظ بالرطوبة وتوازن العناصر الغذائية.

إن الدراسات حول تقنية استخدام المياه الممغنطة تعتبر حديثة وقليلة في الوطن العربي بصفة عامة، وفي الجزائر بصفة خاصة، وقد كثر الحديث عليها بين المهتمين بهذا المجال في السنوات الأخيرة، لذا تم اقتراح دراسة هذه التقنية (استعمال المياه الممغنطة في عملية الري) وتأثيرها على الصفات الإنتاجية لمحصول البطاطس صنف سبونتتا (*Spunta*) في منطقة الوادي.

من أجل تنظيم عملنا قمنا باتباع خطة العمل التالية:

❖ الجانب النظري تم تقسيمه إلى فصلين:

- الفصل الأول: دراسة نبات البطاطا
- الفصل الثاني: الملوحة، البطاطا والملوحة، مغنطة الماء

❖ الجانب التطبيقي:

- الفصل الثالث: المواد وطرق البحث
- الفصل الرابع: تحليل النتائج ومناقشتها

الجانب النظري

الفصل الأول:

دراسة نبات البطاطا

أولاً: دراسة تاريخية

تم العثور على أنواع البطاطا البرية في جنوب قارة أمريكا من جنوب الولايات المتحدة إلى جنوب تشيلي (Hijmans, R.J. Spooner, D. M 2001) من طرف الكولمبيين اثناء الفترة التي قاد فيها كريستوفر كولومبس بعثاته الأولى إلى القارة الأمريكية في عام 1492. ولكن تبين أن زراعة البطاطس في منطقة الأنديز وجدت منذ 7000 إلى 10000 سنة (Spooner, David M., McLean, et al. 2005) فهي جزء أساسياً من حضارات الأنديز في أمريكا الجنوبية مثل حضارة الإنكا في بيرو.

أدخل الإسبان البطاطس إلى أوروبا في النصف الثاني من القرن السادس عشر و بحلول نهاية القرن السابع عشر كانت البطاطا محصولاً رئيسياً في أيرلندا، وبحلول نهاية القرن الثامن عشر كان محصولاً رئيسياً في أوروبا. واستمرت في الانتشار حتى أصبحت غذاء أساسياً في أجزاء كثيرة من العالم وجزء لا يتجزأ من الكثير من الإمدادات الغذائية في العالم (الأمم المتحدة اليوم (untoday.org)).

تمت زراعة البطاطس في الجزائر منذ أواخر القرن التاسع عشر على الأقل، أصبحت البطاطس محصولاً رئيسياً بحلول عام 1951 وتم تصديرها إلى فرنسا. نمت زراعتها، وسرعان ما أصبحت شائعة بسبب غلاتها العالية وقدرتها على التكيف مع المناخات المختلفة (Howard, Leland Ossian 1900)

في الستينيات وبداية السبعينيات، تلقت زراعة البطاطا في الجزائر دفعة كبيرة عندما نفذت الحكومة برنامجاً لزيادة تنوع المحاصيل. يهدف البرنامج إلى تقليل اعتماد البلاد على القمح وتعزيز زراعة المحاصيل الأخرى، بما في ذلك البطاطس. ونتيجة لذلك، زاد إنتاج البطاطس في الجزائر بشكل ملحوظ، وأصبحت البلاد واحدة من أكبر منتجي البطاطس في المنطقة. (Houben, S. J. 2017)

ثانياً: تصنيف النبات

أول من أطلق اسم *Tuberosum* على هذا النبات هو Bauhin سنة (1596).
 (Bauhin, C. Phytopinax 1596) وأول من وصفها بأنها تشبه الطماطم في الأوراق
 والثمار وتشبه الباذنجان في الأزهار مما أعطاها التسمية الثنائية (*Solanum tuberosum*)
 هو لينني Linné سنة 1753 في كتابه (PLANTARUM SPECIES، Linné C. (1753)
 Species Plantarum) ولا يزال هو اسمها العلمي إلى اليوم. وهي تنتمي إلى العائلة
 الباذنجانية *Solanaceae*، التي تضم عدد كبير من الأنواع النباتية مثل: الباذنجان
Solanum melogena، الطماطم *Lycopersicum esculentum*، الفلفل *Capsicum*
annuum، التبغ *Nicotiana tabacum*، والبطاطس *Solanum tuberosum*.

يضم جنس *Solanum* حوالي 1500 نوع نباتي (BOHS, L., 2007) منها (*Solanum tuberosum*) منظمة التغذية والزراعة FAO.

يوجد حوالي 5000 صنف من البطاطس في جميع أنحاء العالم، 3000 منها توجد في
 جبال الأنديز وحدها، خاصة في البيرو وبوليفيا والإكوادور وتشيلي وكولومبيا. (Thiessen,
 2007). تنتمي الأصناف إلى ثمانية أو تسعة أنواع، حسب المدرسة التصنيفية. الأنواع
 الرئيسية المزروعة في جميع أنحاء العالم هي (*S. tuberosum*) رباعي الصيغة الصبغية مع
 48 كروموسوم)، والأصناف الحديثة من هذا النوع هي الأكثر زراعة على نطاق واسع.
 هناك أيضاً أربعة أنواع ثنائية الصيغة الصبغية مع 24 كروموسوماً: (*S. stenotomum*،
S. phureja، *S. goniocalyx*، و *S. ajanhuiri*). هناك نوعان ثلاثي الصيغة الصبغية مع
 36 كروموسوم:

(*S. juzepczukii* و *S. chaucha*). يوجد نوع واحد مزروع خماسي الصيغة الصبغية
 يحتوي على 60 كروموسوماً: (*S. curtilobum*) (Raker, Celeste M., Spooner, David)
 (M. 2002). ويصنف نبات البطاطا علمياً كما في الجدول التالي:

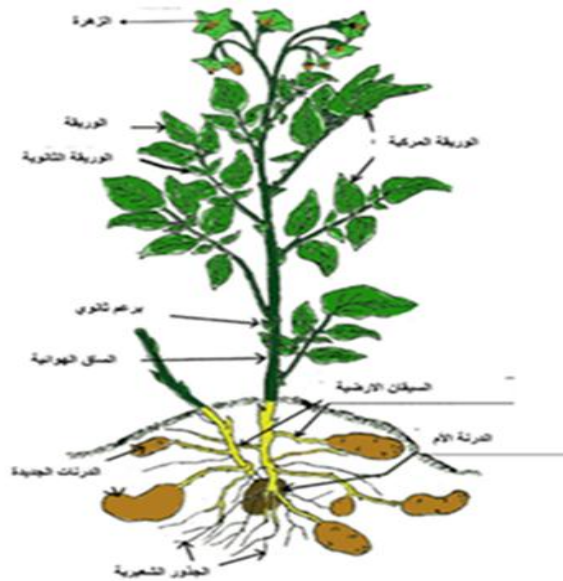
جدول 1: جدول التصنيف العلمي لنبات البطاطا (Boumlik، 1995)

Régne: <i>Végétal</i>	المملكة: النباتية
Embranchement: <i>Angiosperme</i>	الشعبة: مغلفات البذور
Classe: <i>Dicotylédones</i>	صف: ثنائية الفلقة
Sous classe: <i>Gamopétales</i>	تحت الصف: ملتحمات البتلات
Ordre: <i>Polémoniales</i>	الرتبة: الأنوبيات
Famille: <i>Solanacées</i>	العائلة: الباذنجانية
Genre: <i>Solanum</i>	الجنس: <i>Solanum</i>
<u>Espèce: <i>Solanum tuberosum L</i></u>	النوع: <u><i>Solanum tuberosum L</i></u>
Variété: <i>Spunta</i>	الصفة: سبونتا

الشكل 1: منظر عام لنبات البطاطا

ثالثا: الوصف العام لنبات البطاطا

نباتات البطاطا عبارة عن نباتات عشبية معمرة (حولية بالنسبة لأجزائها الهوائية، ومعمرة بالنسبة لأجزائها الأرضية، لكن زراعتها تجدد سنويا) تنمو بارتفاع حوالي 60 سم و قد تصل إلى 100 سم اعتمادًا على التنوع، (Faiguenbaum, M.H.; Zunino, P 2008) تموت الأوراق بعد الإزهار والإثمار وتكوين الدرناات.



الشكل 1: منظر عام لنبات البطاطا (ويكيديا)

1. الأوراق:

متساقطة تحمل على الساق في ترتيب حلزوني بعكس اتجاه عقارب الساعة (Patrick Roussel, Yvonne Koser 1996) مركبة تحتوي ستة إلى ثمانية وريقات متماثلة ومتقابلة زوجيا وورقة علوية واحدة يصغر حجم أزواج الوريقات تدريجيا بالاتجاه نحو قاعدة الورقة،



الشكل 2: ورقة نبات البطاطا (ورقة مركبة)

يبلغ طولها 10 سم إلى 30 سم وعرضها 5 سم إلى 15 سم. تظهر زغبا (*trichomes*) على سطحها، بدرجات متفاوتة اعتمادا على الصنف و وريقات صغيرة تتخلل أزواج الوريقات الأكبر حجماً. (Patrick Roussel, Yvonne Koser 1996).

2. الأزهار:

تحمل نباتات البطاطا أزهارًا بيضاء أو وردية أو حمراء أو زرقاء أو أرجوانية ذات أسدية صفراء. يتم تلقيح البطاطس في الغالب عن طريق الحشرات، التي تحمل حبوب اللقاح من نباتات البطاطس الى أخرى إخصابا مختلطاً، على الرغم من حدوث قدر كبير من الإخصاب الذاتي أيضاً.



الشكل 3: زهرة نبات البطاطا

3. السيقان:

تتقسم السيقان في نبات البطاطا إلى نوعين سيقان هوائية وهي التي تظهر فوق سطح التربة والتي يمكن من خلالها تحديد الشكل المورفولوجي للأصناف، وتكون هذه السيقان قائمة مجوفة ملساء أو مجعدة وتحمل هذه السيقان الأزهار، وهناك السيقان الأرضية التي يبدأ تكوينها بعد نحو 7 - 10 أيام من ظهور السيقان الهوائية بعد الإنبات (Patrick Rousset, Yvonne Koser 1996)، تختلف في الطول من أقل من 2,5 سم إلى 40 سم أو أكثر في بعض الأصناف التجارية في أمريكا الجنوبية، وقد يصل طولها في بعض الأنواع البرية إلى 4,5 - 6 أمتار، لكنها تبلغ في المتوسط نحو 10 سم طولاً في معظم الأصناف التجارية (احمد عبد المنعم حسن 1991). قد تظهر السيقان الأرضية تقرعات. ويختلف عددها وطولها وقطرها باختلاف الأصناف والظروف البيئية. وتتكون الدرنات بحدوث تضخم أو انتفاخ في أطرافها، لكن ذلك لا يحدث في كل السيقان الأرضية، حيث يظل بعضها بدون انتفاخ، وإذا تعرضت السيقان الأرضية للضوء، فإنها تنمو إلى أفرع خضرية ولا تتكون بها درنات في أطرافها، تنمو أفقياً وتحمل أوراقاً رفيعة (حراشف) وبراعم جانبية ذات ترتيب حلزوني (أمدور، فيرجينيا أبو 2001) وتكون هذه السيقان مقسمة إلى عقد وسلاميات وتتميز بطول سلامياتها.

4. الدرناات:

يقوم النبات بتطوير الدرناات كجهاز تخزين للمغذيات. كان يعتقد أن الدرناات هي جذور لأنها تنمو تحت الأرض. وهي في الواقع سيقان تتشكل من أطراف السيقان الأرضية (المدادات أو السيقان الأرضية *Stolons*) تنشأ هذه السيقان كفروع من العقد الموجودة تحت الأرض (J. J. Hawkes, 1994). توجد على سطح الدرناات "عيون" تعمل كحماية للبراعم الخضرية التي تنشأ منها السيقان "العيون" مرتبة بشكل حلزوني. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي الدرناات على ثقب صغيرة تسمح بالتنفس، تسمى العدسات. العدسات دائرية ويختلف عددها حسب حجم الدرنة والظروف البيئية. تعتبر الدرناات نوعا ثالثا من السيقان التي توجد في نبات البطاطا، فهي ساق متحورة إلى عضو تخزين، وتنشأ في قمة ساق أرضية. يبدأ التدرن غالبا في نهاية فترة تكوين البراعم الزهرية في الأصناف المبكرة، وعند تفتح الأزهار، أو بعد ذلك في الأصناف المتأخرة، تبدأ جميع درناات النبات في التكوين خلال فترة أسبوعين تقريبا، ويشكل النبات دائما عدد أكبر بكثير من العدد الذي يصل إلى الحجم الصالح للتسويق. وتظل الدرناات المتكونة أولا أكبر حجما خلال جميع مراحل نموها، وتنمو الدرناات التالية في التكوين بسرعة أقل، وتكون أصغر حجما. أما الدرناات التي يبدأ تكوينها متأخرة، فإنها تبقى صغيرة ولا يزيد حجمها.

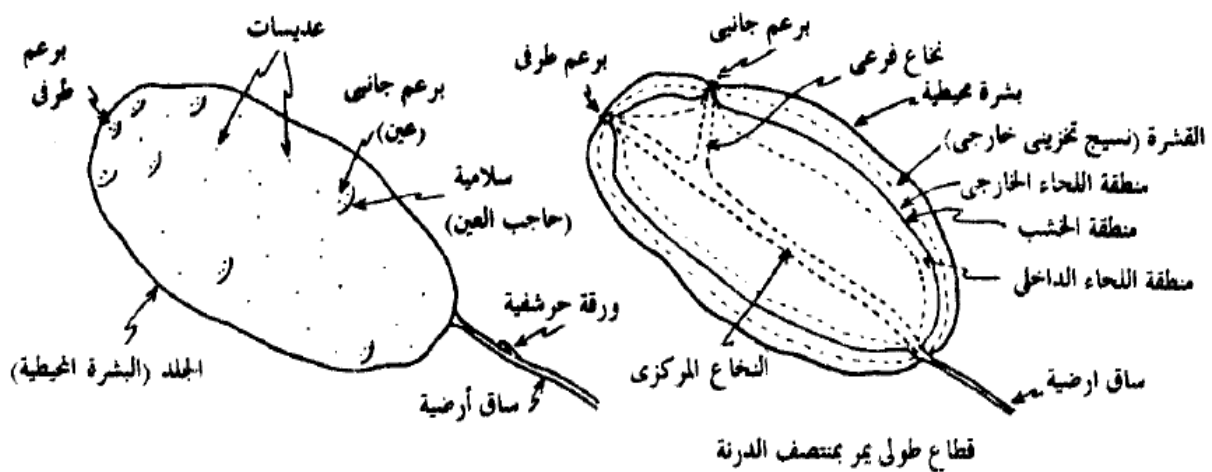
يسمى طرف الدرنة المتصل بالساق الأرضية بالطرف القاعدي *attachment end* او *heel end* ويسمى الطرف الآخر بالطرف القمي *rose end* أو *distal end*. وتختلف درناات أصناف البطاطس كثيرا في الشكل، والملمس، واللون الخارجي، واللون الداخلي.

وتظهر على سطح الدرنة عيونا تسكنها براعم وهي مجاميع يتكون كل منها من 3 - 15 برعما، وتحاط كل مجموعة بأثر ورقة *leaf scar*، وهي التي يطلق عليها حاجب العين *eyebrow*. تتكون العين (*eye*) من مجموعة البراعم والحاجب.



الشكل 4: درنات بطاطا من منطقة سوف

وتتكون الدرنة الحديثة غير الناضجة من طبقة البشرة *epidermis* وطبقة قشرة عريضة *wide cortex* والبيري سيكل *pericycle* والحزم الوعائية، والنخاع، ويلاحظ أن النخاع يمتد ويصل ما بين طرفي الدرنة وجميع البراعم، وأن القشرة يقل سمكها كثيرا عند العيون، ومع نضج الدرنة تختفي تدريجيا طبقة البشرة، ويحل محلها الفيلوم *phellum* وهو طبقة من خلايا فليينية، وتصبح طبقة القشرة ضيقة، وتلى البشرة المحيطية *periderm* مباشرة. وتمتد الحزم الوعائية حتى العيون. ويتضخم النخاع ليكون الجزء الأكبر من الدرنة، ويعمل مع القشرة كمخزن للنشا (د. احمد عبد المنعم حسن 1991 الدار العربية للنشر).



الشكل 5: رسم بياني توضيحي لدرنة البطاطا (أحمد عبد المنعم حسن)

5. الجذور:

نظام الجذر ليفي ومتفرع ومنتشر بشكل سطحي إلى حد ما، وهو قادر على اختراق عمق يصل إلى 0.8 متر.

النباتات التي نشأت من الدرنات، لأنها تأتي من البراعم وليس من البذور، تنقر إلى الجذر، جذورها عرضية بطبيعتها، تتبع من براعم تحت الأرض. وتقع هذه الجذور في جزء السيقان الموجود بين درنة البذور وسطح التربة، لهذا السبب، يجب زراعة الدرنات على عمق يسمح بتكوين الجذر والجذور بشكل مناسب.

منذ المراحل الأولى للتطور، وحتى لحظة بدء تكوين الدرنات، تظهر الجذور نموًا سريعًا

(Faiguenbaum M, H., Zunino, P 2011.)

6. الجهاز التكاثري

أ- الزهور والإزهار

الإزهار عبارة عن سنمة تنشأ في نهاية الساق الخضرية تحتوي على نورة من 1 إلى 30 زهرة، لكن في العموم بين 7 إلى 15. يختلف عدد النورات وعدد الزهور لكل نورة بشكل كبير حسب الصنف.

عندما تتفتح الزهرة الأولى تقريبًا، يتطور جذع جديد، والذي سيؤدي إلى إزهار جديد، في إبط الورقة القريبة. عادة تتفتح 2 أو 3 زهور كل يوم. تظل مفتوحة لمدة يومين إلى أربعة أيام بحيث يحتوي كل نورة على 5 إلى 10 زهور متفتحة في نفس الوقت أثناء ذروة الإزهار. الزهور التي يبلغ قطرها من 3 إلى 4 سم، منتظمة، ذات تناظر خماسي نموذجي لعائلة الباذنجانيات.

يتكون الكأس *gamosepalous* من 5 سبلات خضراء مندمجة في القاعدة والتويج *gamopetalous* من 5 بتلات مندمجة أيضًا عند حوافها، لها شكل نجمي يمكن أن يكون أبيض اللون أو مزيجًا أكثر أو أقل تعقيدًا من الأزرق والأرجواني والبنفسجي اعتمادًا على نوع وكمية الأنثوسيانين الموجودة.

يشتمل الطلع على 5 أسدية مع خيط قصير يرتبط على التويج ومترك من جزأين، بطول 5 إلى 7 ملم، أصفر فاتح اللون، المتك متقاربة من بعضها البعض وتشكل أنبوبًا يحيط بالمدقة.

تتكون المدقة من كربلتين ملتحمتين، وتحتوي على مبيض واحد علوي مكون من حجرتين. عادة ما تكون المياسم خضراء اللون، ولكن قد تحتوي بعض النباتات المستنسخة على مياسم ملونة. قد تكون بارزة من أنبوب المتك بشكل واضح.

مدة تقبل الميسم لحبوب اللقاح وانتاشها حوالي يومين. يحدث الإخصاب بعد حوالي 36 ساعة من التلقيح.

ينتج هذا النوع بذورًا عن طريق الإخصاب الذاتي أو الإخصاب الخلطي، البذور التي يتم الحصول عليها هي نتيجة خليط من التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي، والأول هو الأكثر شيوعًا (R. Plaisted, W. Fehr and H. Hadley 1982).

ب- الثمار والبذور



Potato Flowers > Potato Berries > True Potato Seeds

الشكل 6: ازهار ثمار بذور البطاطا

بعد الإزهار، تنتج نباتات البطاطس ثمارًا خضراء صغيرة تشبه الطماطم الكرزية الخضراء، تحتوي كل منها على حوالي 300 بذرة صغيرة جدًا (J. J. Hawkes, 1990) ويتراوح قطرها عمومًا من 1 إلى 3 سم ويمكن أن يتراوح لونها من الأخضر إلى الأصفر، أو من البني المحمر إلى الأرجواني.

مثل جميع أجزاء النبات باستثناء الدرناات، تحتوي الثمار على مادة السولانين القلوية السامة (عبارة عن جلايكو ألكالويد، مر الطعم وسام «C45H73NO15»، يشتق من براعم البطاطا والطماطم ولديه خصائص ناركوتية (يشير في الأصل طبيا إلى أي مركب له خصائص مخدرة) والتي استغلت سابقا لعلاج الصرع. يتشكل السولانين طبيعيا في أي جزء في النبات بما فيها الأوراق والفاكهة والدرناات إذا تعرضت للهواء والضوء. يعد سام حتى عند الكميات القليلة منه، له خصائص مقاومة للفطريات والحشرات، ويعد واحد من عوامل الدفاع الموجودة في النباتات. تصنع البطاطا طبيعيا السولانين والكاكونين كآلية دفاع ضد الحشرات والأمراض والحيوانات المفترسة، كما أن أوراق البطاطا وجذوعها غنية بشكل طبيعي بمادة السولانين، وبالتالي فهي غير صالحة للاستهلاك.

تحتوي الثمرة على ما يقرب من 200 إلى 400 بذرة بيضاوية أو كلوية الشكل، ذات لون أبيض أو أصفر أو بني مصفر، صغيرة الحجم، هناك 1000 إلى 1500 بذرة لكل جرام . تتم زراعة جميع أصناف البطاطس الجديدة من البذور، والتي تسمى أيضا "بذور البطاطس الحقيقية"، "TPS True Potato Seeds" أو "البذور النباتية" لتمييزها عن درناات البذور. يمكن تكاثر الأصناف الجديدة الناتجة من البذور النباتية عن طريق زراعة الدرناات، أو قطع الدرناات التي تشمل عينا واحدة أو اثنتين على الأقل، أو الفسائل، وهي ممارسة تستخدم في البيوت البلاستيكية لإنتاج درناات بذور صحية. النباتات التي يتم استنباتها من الدرناات هي نباتات مستنسخة من الأصل، في حين أن تلك التي يتم استنباتها من البذور تنتج مجموعة من الأصناف المختلفة.

رابعا: التركيب الكيميائي للدرناات

يعتمد التركيب الكيميائي للبطاطا على الصنف، نوع التربة، الموقع، درجة النضج، التخزين. وتحتوي الدرناات على متوسط 67% ماء و24% مادة جافة. تتكون المادة الجافة بشكل أساسي من النشا حوالي 16.5 إلى 20 غ من الوزن الطازج (Liu et al. 2007)، تحتوي أيضا على كميات قليلة من السكريات خاصة الغلوكوز، الفركتوز والسكروروز

والبروتينات والدهون والأملاح والفينولات و الألياف و الفيتامينات خاصة فيتامين C، A، B، B1، B2، B6، وحمض الفوليك وهي من بين العديد من الفيتامينات الموجودة في البطاطا (Jennifer A, Wolfe 1987). العديد من العناصر الغذائية توجد في قشورها بكميات عالية، فمثلا الفينولات والتي تعتبر مصدرا مهما لها حيث يحوي اللب 30 إلى 900 ملغ/كغ من الوزن الجاف بينما القشرة 1000 إلى 4000 ملغ/كغ من الوزن الجاف (Lewis et al. 1998). تحوي البطاطا على العديد من المعادن المهمة والنادرة مثل المغنسيوم، البوتاسيوم (الأكثر وفرة 48.73 غ/كغ من المادة الجافة)، الحديد، الزنك، النحاس... (Bethke and Jansky 2018).

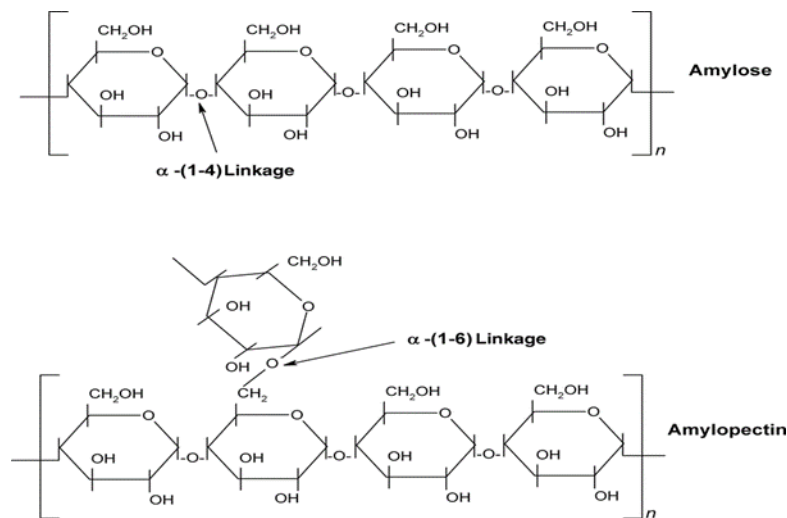
جدول 2: متوسط محتوى أهم العناصر الغذائية الموجودة في درنة البطاطا (منظمة التعاون الإقتصادي والتنمية 2002).

محتوى الوزن الرطب للدرنة بالنسبةئوية		العناصر
المجال	المتوسط	
36.8 - 13.1	23.7	المادة الجافة
29.4 - 8.0	17.5	نشأ
4.6 - 0.69	2.0	بروتين
0.2 - 0.02	0.12	دهون
2.0 - 1.0	1.7	الياف غذائية
3.48 - 0.17	0.71	الياف خشنة
1.87 - 0.44	1.1	معادن
8.0 - 0.05	0.5	السكريات

1. النشاء:

النشا هو كربوهيدرات التخزين الرئيسي في النباتات. وهو يشكل ما يصل إلى 85% من المادة الجافة لأجزائها الصالحة للأكل (Zeman et al., 2010, Santana, Meirelles, 2014).

كيميائياً، النشا هو خليط من الأميلوز والأميلوبكتين. يتكون الأميلوبكتين من جزيئات جلوكان متفرعة للغاية، حيث تتشكل مناطقها الخطية بواسطة روابط α -1,4-glycosidic، بينما تتشكل نقاط التفرع بواسطة روابط α -1,6. الأميلوز عبارة عن بوليمر خطي عملياً له فروع قليلة (Zeeman et al. 2020، Bertoft، Tetlow، 2010)، تشكل جزيئات الأميلوبكتين حوالي 75-80% من وزن النشا. تحدد نسبة الأميلوز/ الأميلوبكتين و كفاءة استخدام الفسفور الممتص خصائص النشا الغذائية والفيزيائية والوظيفية الضرورية لصناعات معينة. (Balemi and Schenk 2009) يوفر النشا نسبة كبيرة من السعرات الحرارية لتغذية الإنسان والحيوان. بالإضافة إلى ذلك، فهي مادة طبيعية قابلة للتكرار والتحلل الحيوي تستخدم في الصناعات غير الغذائية، على سبيل المثال، في إنتاج النسيج والورق والأدوية والبلاستيك. تعتبر البطاطس *Solanum tuberosum L*. واحدة من المحاصيل الرئيسية المنتجة للنشا. تتطلب الاحتياجات الصناعية المتزايدة توفر أصناف نباتية ذات محتوى نشا متزايد وخصائص نشا محددة. تتطلب هذه المهمة معلومات مفصلة عن استقلاب النشا في المصنع المنتج (البلاستيك). فهي عملية معقدة، تتطلب العمل المنسق للعديد من الإنزيمات، والبروتينات الناقلة والمستهدفة، وعوامل النسخ، والمنظمات الأخرى.

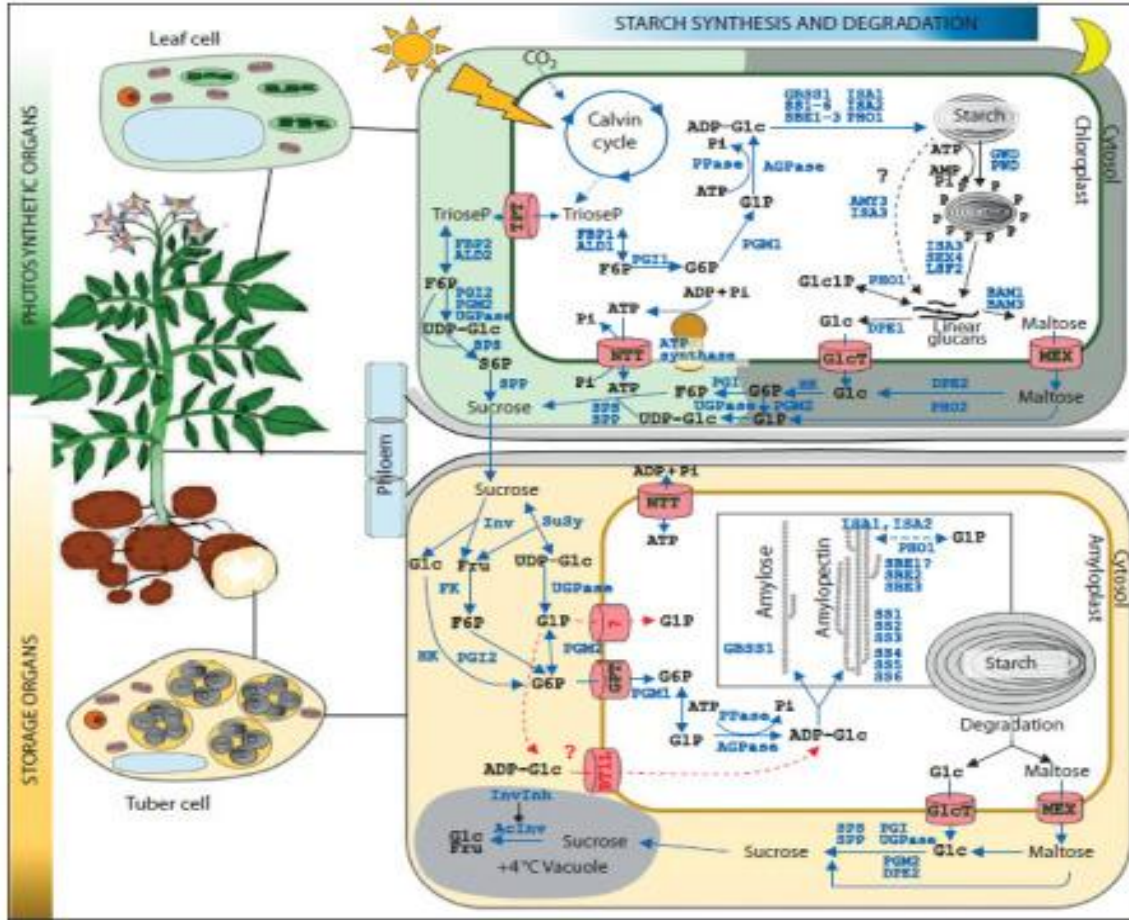


الشكل 7: البنية الكيميائية للنشاء الأميلوز والأميلوبكتين

2. استقلاب النشا:

السكرورز هو نتاج عملية التمثيل الضوئي (Ferreira et al. 2010) وجد أن جينات التخليق الحيوي للنشا تبدأ في النسخ في نفس الوقت الذي يبدأ فيه نشاط تمثيل السكرورز. يُظهر هذا النسخ - بما في ذلك تمثيل النشا - إيقاعاً نهائياً، يتماشى مع إمداد السكرورز القادم من الأوراق.

يتم تصنيع النشا الانتقالي وتراكمه في البلاستيدات الخضراء (أعضاء التمثيل الضوئي (الأوراق)) في النهار ويتحلل في الظلام لتوفير العناصر الغذائية للخلية. يتم تصنيع نشا التخزين في الأميلوبلاست (البلاستيدات التخزينية) لأعضاء التخزين (مثل درنات البطاطس) ويتم تخزينها هناك لفترة طويلة لاستخدامها في التحضير للتبرعم.



الشكل 8: استقلاب النشا

استقلاب النشا: في أعضاء التمثيل الضوئي (الأوراق) والتخزين (الدرنات) في البطاطس.

تشير الأسهم الزرقاء إلى مسارات التخليق الحيوي للنشا واستقلاب السكر؛ السهام السوداء، مسار تحلل النشا. يشير السهم الأحمر إلى المسار البديل لتخليق الجلوكوز ADP في العصارة الخلوية والنقل اللاحق إلى الأميلوبلاست التي يؤديها BT1 ناقل يشبه Brittle1.

تظهر الكروهيديرات باللون الأسود

Fru, fructose; F6P, fructose-6-phosphate; Glc, glucose; G1P, glucose-1-phosphate; G6P, glucose-6-phosphate; S6P, sucrose-6-phosphate; TrioseP, triose phosphate; ADP-Glc, ADP-glucose; UDP-Glc, UDP-glucose.

الإنزيمات ومثبطات الانفرتيز (باللون الأزرق):

AcInv, vacuolar acid invertase; AGPase, ADP-glucose pyrophosphorylase; ALD, aldolase; AMY, α -amylase; BAM, β -amylase; FK, fructokinase; DPE, 4- α -glucanotransferase; FBP, fructose-1,6-bisphosphatase; GBSS, granule-bound starch synthase; GWD, α -glucan water dikinase; HK, hexokinase; ISA, isoamylase; InvInh, invertase inhibitor; Inv, invertase; PGI, phosphoglucoisomerase; PGM, phosphoglucomutase; PHO, α -glucan phosphorylase; PPase, inorganic pyrophosphatase; PWD, phosphoglucan water dikinase; SBE, starch-branching enzyme; SEX, LSF, phosphoglucan phosphatases; SPP, sucrose phosphate phosphatase; SPS, sucrose phosphate synthase; SS, starch synthase; SuSy, sucrose synthase; UGPase, UDP-glucose pyrophosphorylase.

البروتينات الناقلة باللون الوردى:

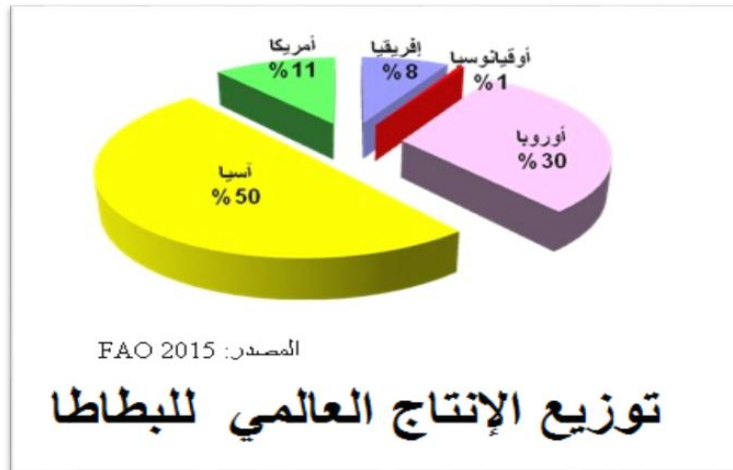
GPT, glucose-6-phosphate translocator; NTT, ATP-ADP antiporter; MEX, maltose transporter; TPT, triose phosphate/phosphate translocator; GlcT, glucose transporter; BT1L, Brittle1-like transporter.

E.M. Sergeeva

Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

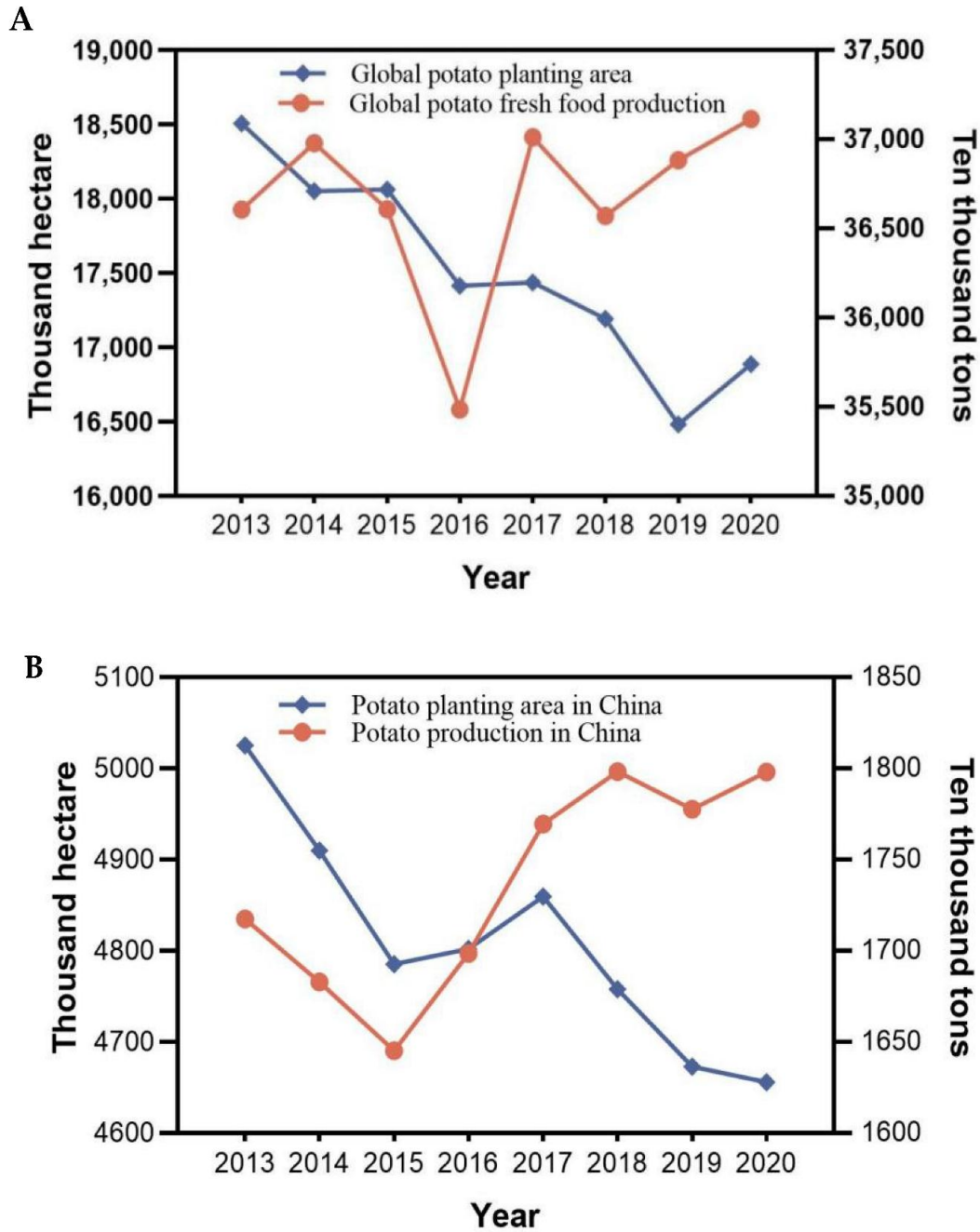
خامسا: المساحة العالمية لزراعة البطاطس واستهلاكها

تم اكتشاف البطاطس لأول مرة في جبال الأنديز بأمريكا الجنوبية، لكن زراعتها انتشرت بسرعة في جميع أنحاء العالم بسبب قدرتها القوية على التكيف البيئي وقيمتها الغذائية العالية (Camire, M.E.; Kubow, S.; Donnelly, D.J.2009). وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، تمت زراعة البطاطس في أكثر من 150 دولة ومنطقة حول العالم في عام 2014. ومن عام 2013 إلى عام 2020، انخفضت مساحة زراعة البطاطس العالمية بشكل طفيف، حيث وصلت إلى حوالي 16,887.04 ألف هكتار في عام 2020 بينما كانت 18,500.00 ألف هكتار في عام 2013. تقلب إجمالي إنتاج البطاطس على نطاق واسع خلال هذا الإطار الزمني، حيث سجل أدنى إنتاج في عام 2016 (الشكل A1) تمثل آسيا وأوروبا أكبر منطقتين لزراعة البطاطس في العالم. وفي عام 2002، تجاوزت آسيا أوروبا وأصبحت أكبر منتج للبطاطا في العالم. وفي أوروبا، يتم غالبية إنتاج البطاطس في روسيا وأوكرانيا. في عام 2020، شكلت مساحة زراعة البطاطس في الصين 27.69% من الإجمالي العالمي، وبلغ إنتاجها من الأغذية الطازجة 92,800,000 طن، لتحتل المرتبة الأولى. تمثل مساحة زراعة البطاطس في الهند 12.15% من الإجمالي العالمي، حيث يبلغ إنتاج الأغذية الطازجة 48,562,000 طن، لتحتل المرتبة الثانية وشكلت مساحة زراعة البطاطس في أوكرانيا 7.85% من الإجمالي العالمي، حيث بلغ إنتاج البطاطس الطازجة 20,837,990 طناً، لتحتل المرتبة الثالثة و تمثل مساحة زراعة البطاطس في روسيا 6.98% من الإجمالي العالمي، بإجمالي إنتاج قدره 19.6074 مليون طن، لتحتل المرتبة الرابعة.



الشكل 09: توزيع الإنتاج العالمي للبطاطا

يضم المركز الدولي للبطاطس، ومقره في ليما، بيرو، 4870 نوعاً من الأصول الوراثية للبطاطس، معظمها أصناف محلية تقليدية. يضم المركز الدولي للبطاطس أكثر من 4600 نوع من البطاطس، كما أنه موطن لأكبر بنك للجينات المخبرية في العالم، أعلن الاتحاد الدولي لتسلسل جينوم البطاطس في عام 2009 أنهم حققوا مسودة تسلسل لجينوم البطاطس، الذي يحتوي على 12 كروموسوماً و 860 مليون زوج من القواعد الآزوتية مما يجعله جينوماً نباتياً متوسط الحجم (اللجنة العلمية المعنية بالكائنات المعدلة وراثياً 2005 GMO). أكثر من 99% من جميع الأصناف الحالية من البطاطس المزروعة حالياً هي من نسل مباشر لنوع فرعي كان ينمو في الأراضي المنخفضة في جنوب وسط تشيلي (الجمعية السويسرية لأبحاث الغذاء 2006). ومع ذلك، فإن الاختبارات الجينية لمجموعة واسعة من الأصناف والأنواع البرية تؤكد أن جميع سلالات البطاطس الفرعية تنحدر من أصل واحد.



الشكل 10: منطقة زراعة البطاطس وإنتاج الأغذية الطازجة من (2013 إلى 2020)

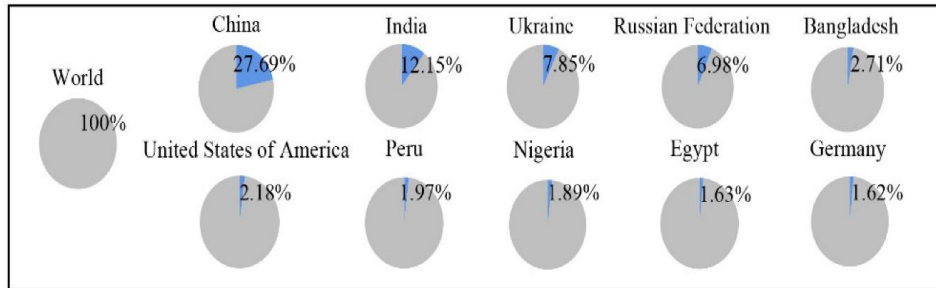
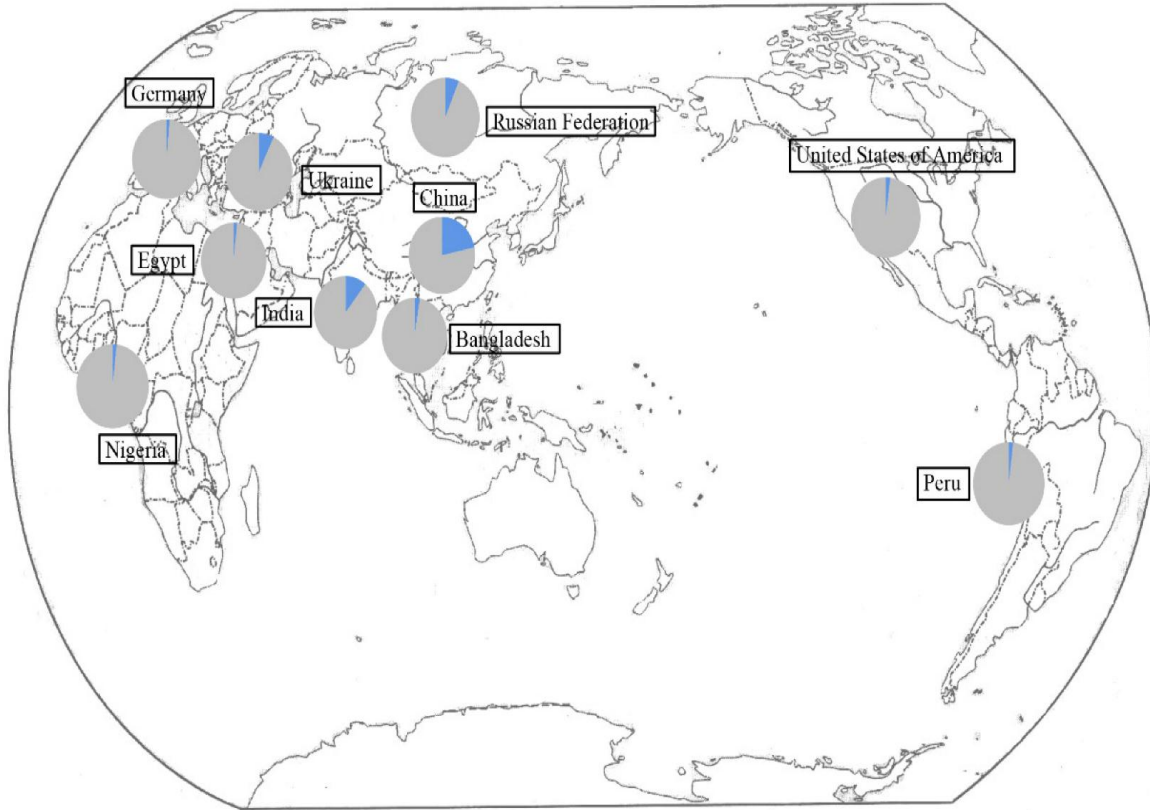
A - المساحة العالمية لزراعة البطاطا وإنتاج الأغذية الطازجة من عام 2013 إلى عام 2020

B - مساحة زراعة البطاطا وإنتاجها في الصين من عام 2013 إلى عام 2020

منطقة زراعة البطاطا العالمية مصدر بيانات إنتاج الأغذية

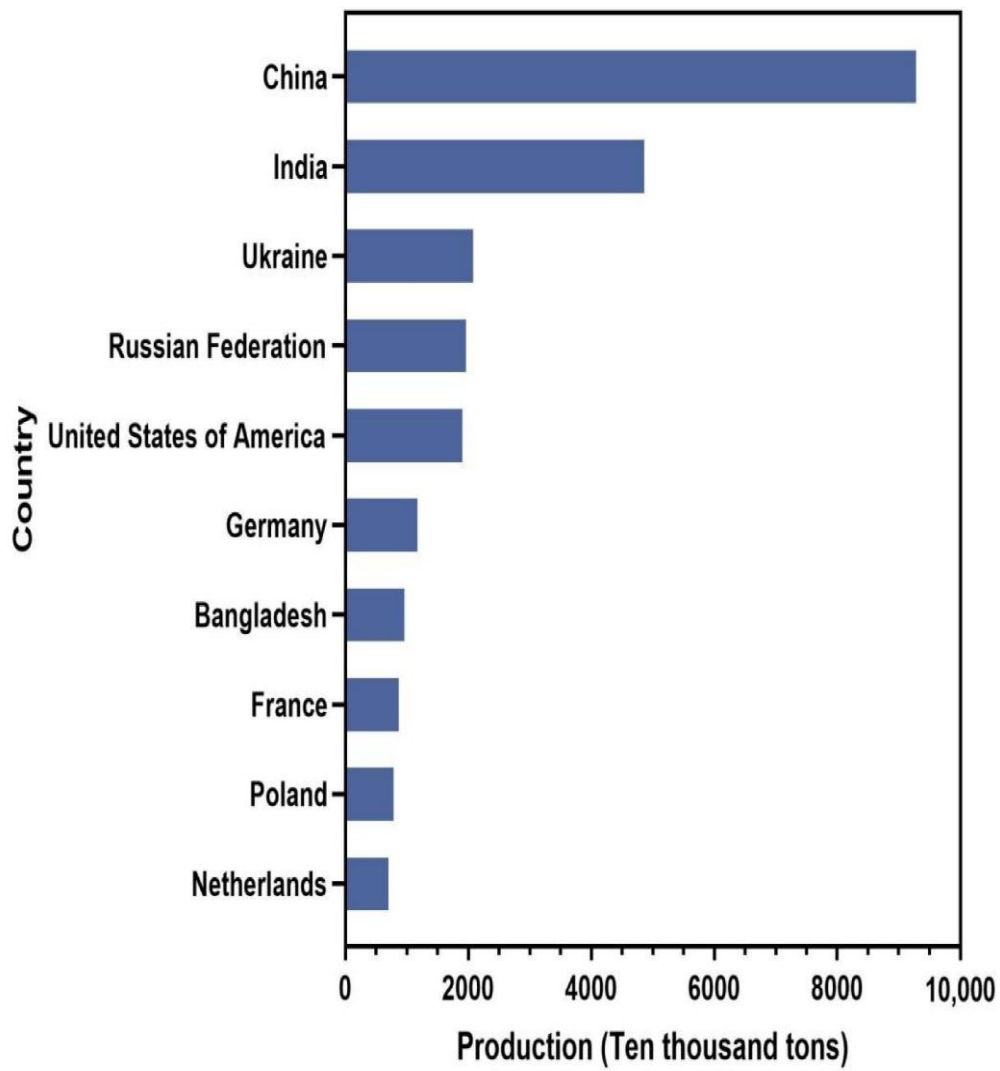
<https://www.fao.org/faostat/en/> الطازجة

منطقة زراعة البطاطا الصينية مصدر بيانات الإنتاج <https://data.stats.gov.cn/>



الشكل 11: نسبة مناطق زراعة البطاطا في البلدان العشرة الأولى في عام 2020

مصدر البيانات : <https://www.fao.org/faostat/en/>



الشكل 12: انتاج البطاطس الطازجة البلدان العشرة الأولى في عام 2020 مصدر

البيانات <https://www.fao.org/faostat/en/>

الفصل الثاني:

الملوحة، البطاطا والملوحة، مغنطة الماء

أولاً: الملوحة

تعتبر الملوحة من أشد العوامل البيئية قسوة التي تحد من إنتاجية نباتات المحاصيل لأن معظم نباتات المحاصيل حساسة للملوحة الناتجة عن ارتفاع تركيزات الأملاح في التربة، كما أن مساحة الأرض المتأثرة بها تتزايد يوماً بعد يوم. بالنسبة لجميع المحاصيل المهمة، لا يمثل متوسط الإنتاجية سوى جزء صغير - ما بين 20% إلى 50% من الإنتاجية القياسية، وترجع هذه الخسائر في معظمها إلى الجفاف وارتفاع ملوحة التربة، وهي الظروف البيئية التي ستفاقم في العديد من المناطق بسبب تغير المناخ العالمي (المجلة السعودية للعلوم البيولوجية). ويلزم وجود مجموعة واسعة من استراتيجيات التكيف والتخفيف للتعامل مع هذه التأثيرات. يمكن أن تساعد الإدارة الفعالة للموارد وتحسين المحاصيل وإدارة الري وتصريف الماء في التغلب على إجهاد الملوحة

1. تعاريف:

❖ **الملوحة:** هي كمية الملح الموجودة في شيء ما، اما التملح فهو عملية زيادة محتوى

الملح (اداة المعرفة والتعاون عبر الإنترنت لمجتمع الممارسين (CoP) 2007)

❖ **ملوحة التربة:** هي محتوى الملح في التربة، يؤثر تملح التربة سلباً على نمو النباتات

ويؤدي إلى تدهور الأراضي. وتظهر الأراضي المالحة انخفاض الإنتاجية الزراعية،

وتدهور الوضع الاقتصادي في المنطقة. تساعد إدارة ملوحة التربة في المراحل المبكرة

على التقليل من تملحها. التأثير الرئيسي لملوحة التربة على نمو النبات هو ضعف أو

عدم قدرة النبات على امتصاص الماء، حتى مع وجود رطوبة كافية في التربة

(<https://web.archive.org/web/20070812161635/http://www.fao.org/docrep/R4082E/r4082e08.htm>)

❖ **تملح التربة:** هو تراكم مفرط للأملاح القابلة للذوبان في الماء. عادة، هو ملح الطعام

NaCl، بالإضافة إلى مركبات مختلفة أخرى من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم

والكبريتات والكلوريدات والبيكربونات. بشكل عام، يتم تصنيف الأتربة المتأثرة بالأملاح

إلى مالحة، وصودية، ومالحة صودية، اعتماداً على محتواها (التربة الصودية وإدارتها،

(2023 .www.fao.org)

❖ **ملوحة الماء:** هي كمية الملح المذابة في كمية من الماء، و تسمى المياه المالحة يتم قياسها عادةً بوحدة جرام/التر تعتبر الملوحة عاملاً مهماً في تحديد العديد من جوانب كيمياء المياه الطبيعية والعمليات البيولوجية داخلها، غالباً ما يعرف علماء الكيمياء الملوحة على أنها كتلة الملح لكل وحدة حجم، معبراً عنها بوحدهات ملغم / لتر أو جم / لتر. (الأطلس العالمي للمحيطات 2009). يستخدم العلماء أيضاً الناقلية الكهربائية، كبديل للكتلة للتعبير عن الملوحة. يمكن تصحيح هذا القياس لتأثيرات درجة الحرارة، ويتم التعبير عنه عادةً بوحدهات $\mu\text{S}/\text{cm}$. عادةً ما تكون لمياه النهر أو البحيرة التي تبلغ ملوحتها حوالي 70 ملغم/لتر ناقلية محددة عند 25 درجة مئوية تتراوح بين 80 و 130 ميكرو سيميز/سم. النسبة الفعلية تعتمد على الأيونات الموجودة. تتغير الناقلية الفعلية عادةً بحوالي 2% لكل درجة مئوية، وبالتالي فإن الناقلية المقاسة عند 5 درجات مئوية قد تكون فقط في نطاق 50-80 ميكرو سيميز/سم (Van Niekerk, Harold, Silberbauer, Michael, Maluleke, Mavivo 2014)

❖ **إجهاد الملوحة:** تم تعريف إجهاد الملوحة على أنه تراكم الأملاح في منطقة الجذور، في الغالب أيونات الصوديوم Na^+ و الكلور Cl^- (Aras S., Keles H., Eşitken A, 2020, Tuna AL و آخرون 2008) بشكل عام، تعتبر التربة مالحة عندما تتجاوز الناقلية الكهربائية (EC) للمستخلص المشبع في منطقة الجذر $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ عند 25 درجة مئوية، مع 15% من أيونات Na^+ غير المرتبطة (Shrivastava, P.; Kumar, 2014) (R. وتشير الدراسات حالياً إلى تقديرات بـ 33% من الأراضي الزراعية المروية و 20% من الأراضي المزروعة شديدة الملوحة، مع توقع زيادة قدرها 10% سنوياً (Abdel-Rahim A, Esmaili N., O'Connell M, Zhang J 2019, Farhangi-Abriz S, Ghassemi-Golezani K 2016) وقد تفاقمت هذه الأملاح في التربة بسبب الإفراط في استخدام الأسمدة الكيماوية، وسوء ممارسات الري، والتلوث الصناعي، والانسحاب التدريجي من المحيط، فضلاً عن التجوية المعدنية. تحتوي بعض الأسمدة على مستويات عالية من الأملاح وانخفاض القدرة على الاحتفاظ بالمياه، مما يؤدي إلى زيادة تركيز الملح في التربة عند التبخر.

2. التحديات الحالية مع الأراضي المالحة:

وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، كان لدى العالم 1.56 مليار هكتار من الأراضي الزراعية في عام 2020. ووفقاً لخريطة التربة المالحة العالمية التي أصدرتها منظمة الأغذية والزراعة في أكتوبر 2021، تأثر أكثر من 833 مليون هكتار من هذه المساحة بالتملح، وهو ما يمثل أكثر من نصف مساحة العالم من إجمالي الأراضي الزراعية. لقد أصبحت هذه المشكلة البيئية العالمية عاملاً هاماً يعيق تطور الزراعة (Zhao, C et Al 2020) لا يهدد الإجهاد الملحي إنتاجية المحاصيل فحسب، بل يتسبب أيضاً في خسائر اقتصادية عالمية تبلغ حوالي 27.3 مليار دولار أمريكي سنوياً (Barkla, B.J.; Castellanos-Cervantes و آخرون 2013) (Qadir, M وآخرون 2014) تتوزع الأراضي المالحة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، مع تأثر مساحات كبيرة في أستراليا وكندا والولايات المتحدة والهند وبلدان أخرى (Liu, L.; Wang, B. 2021)، (Shrivastava, P.; Kumar, R. 2015). تحتل الصين المرتبة الثالثة من حيث التربة المالحة على مستوى العالم (Yang, W.et AL 2018) تحتوي التربة المالحة بشكل أساسي على كمية كبيرة من (K^+ ، Na^+ ، Mg^{2+} ، SO_4^{2-} ، Cl^-) (Punia, H.; Tokas, et AL2021). أسباب تملح التربة معقدة وتشمل مجموعة من العوامل الطبيعية والتأثيرات البشرية. يمثل سهل شمال شرق الصين مثلاً جيداً لعملية التملح. خلال فصل الربيع، تشهد هذه المنطقة رياحاً شديدة تزيد من التبخر وانخفاضاً في هطول الأمطار، وخلال فصل الشتاء، تتعرض لأنماط مناخية متكررة من التجمد والذوبان. تؤدي هذه العوامل إلى تراكم مستمر للملح في التربة السطحية، وهو ما يتفاقم بسبب الأنشطة البشرية، بما في ذلك الري بمياه النهر والري الجائر (Dong, G.; Zhao, F2021) ومن المؤكد أن التملح التدريجي للأراضي المزروعة يؤدي إلى انخفاض المساحة المزروعة، مما يؤدي إلى مشاكل اقتصادية ومشاكل تتعلق بالأمن الغذائي. (Shabala, S.; Wu, H.;) (Bose, J.2015)

3. عمليات تملح التربة

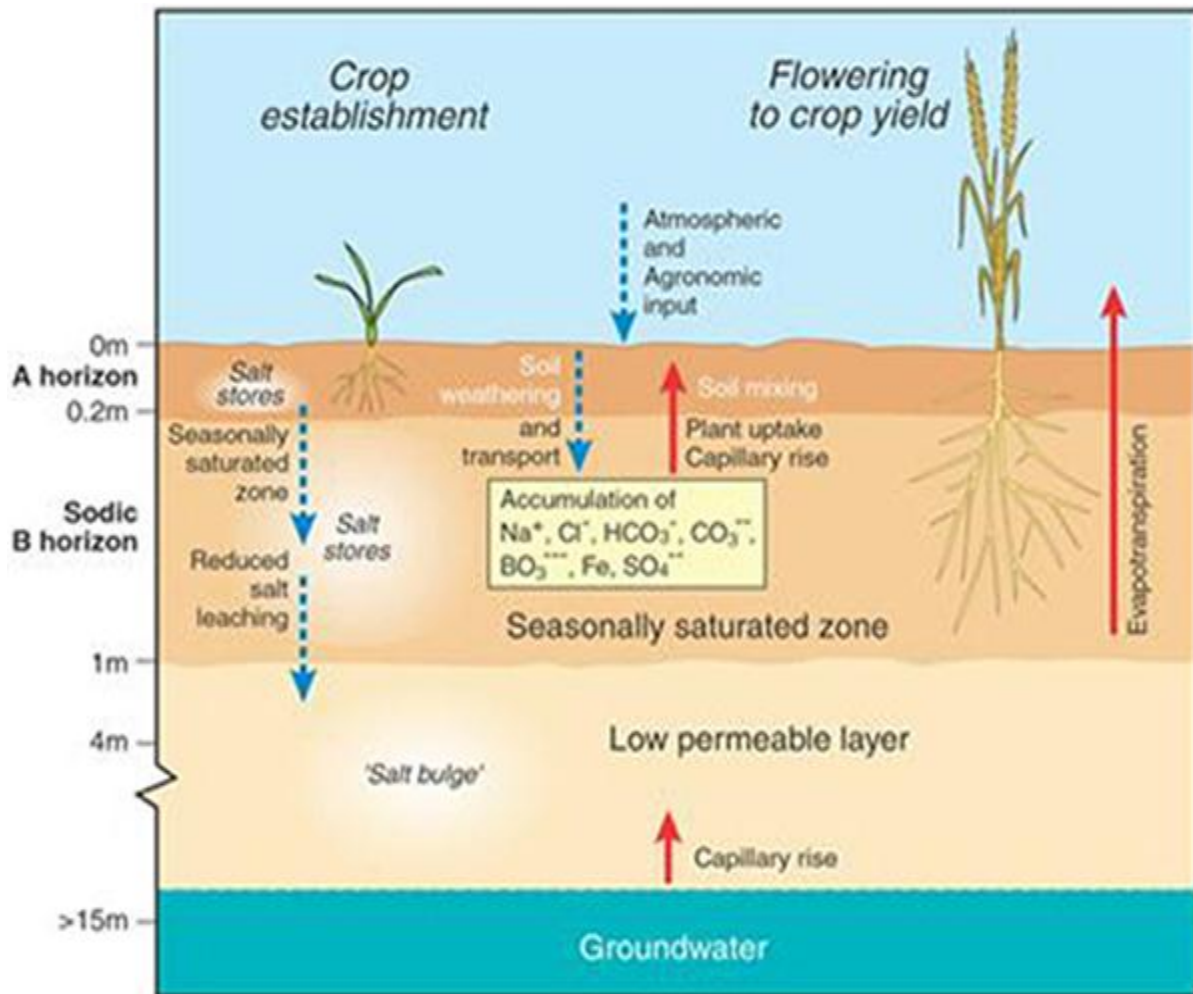
يشير مصطلح "الملوحة الأولية" إلى تراكم الملح على مدى فترات طويلة من الزمن من خلال العمليات الطبيعية، في حين يشير مصطلح "الملوحة الثانوية" إلى تراكم الملح نتيجة لسوء إدارة الموارد الطبيعية. يمكن أن تكون الأملاح القابلة للذوبان في التربة من مصادر مختلفة. تساهم تجوية الصخور والمعادن في تكوين الأملاح القابلة للذوبان. يمكن أيضاً أن تتسبب الأملاح عن طريق هطول الأمطار، وعادة ما تكون منخفضة، ولكن مع مرور الوقت، يمكن أن تتراكم في التربة. يمكن أن يكون الغبار الأيوني الذي تنقله الرياح مصدراً للأملاح القابلة للذوبان. وتشمل المصادر الأخرى تصريف المياه الجوفية المالحة وتسرب مياه البحر. كما أن الممارسات الزراعية مثل استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية، والري باستخدام المياه المالحة أو مياه الصرف الصحي، وإلقاء النفايات في التربة سوف تساهم أيضاً في زيادة الأملاح في التربة. يمكن تعبئة الأملاح المترسبة في طبقات التربة المختلفة اعتماداً على هطول الأمطار وحركة المياه المتأثرة بالخصائص الهيدروليكية للتربة وخصائص التضاريس الطبيعية. تحدد العمليات المحددة التي تساهم بالتملح، جنباً إلى جنب مع تأثير السمات المناخية والتضاريس الطبيعية الأخرى وتأثيرات الأنشطة البشرية، المكان الذي من المحتمل أن يتراكم فيه الملح في طبقات التربة.

4. أنواع التملح:

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من التملح تعتمد على عمليات التربة والمياه الجوفية على مستوى العالم (Rengasamy 2006).

أ- الملوحة المرتبطة بالمياه الجوفية

في مناطق التصريف من التضاريس الطبيعية، تخرج المياه الجوفية إلى السطح، جالبةً معها الأملاح الذائبة. يزيد التبخر من إمكانية الحركة الصعودية للمياه والأملاح. عندما يكون



الشكل 13: عرض تخطيطي للملوحة المتنقلة (2002 Rengasamy)

منسوب المياه قريبا من سطح التربة، يتم تخزين الحد الأقصى من الأملاح في طبقات التربة العليا. ويكون تراكم الأملاح مرتفعاً عندما يكون منسوب الماء أقل من 1.5 متر تحت السطح، عندما يكون الارتفاع الشعري للمياه فعالاً جداً في ترسيب الأملاح في الطبقات

السطحية (Talsma ، 1963) ومع ذلك، قد يختلف عمق العتبة هذا اعتمادًا على الخصائص الهيدروليكية للتربة والظروف المناخية.

تظهر الملوحة المرتبطة بالمياه الجوفية (يشار إليها أيضًا باسم "ملوحة التسرب") عند حرارة أسطح التربة، وهو ما يرتبط بارتفاع منسوب المياه المالحة. بشكل عام، يكون منسوب المياه أقرب إلى السطح عند سفح المنحدرات، وفي فواصل المنحدرات، وعلى أراضي الوادي مقارنة بالمناطق الأعلى من التضاريس الطبيعية .

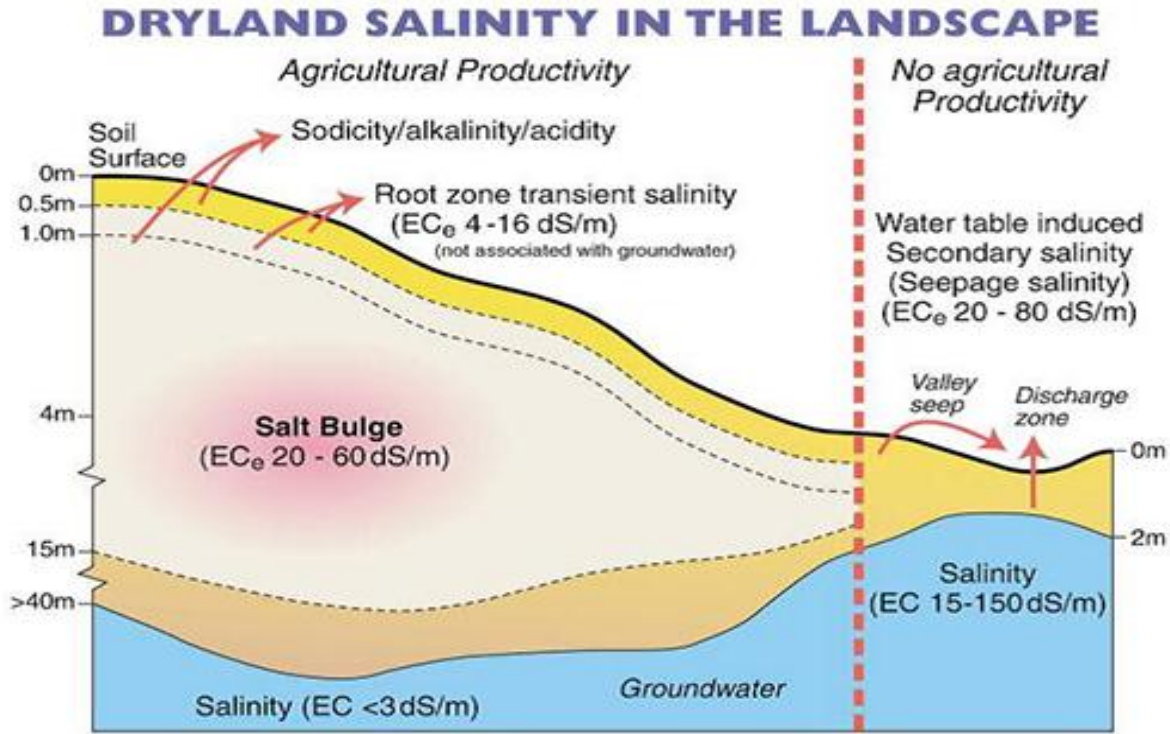
وقد استعرض (Rengasamy 2002a) التملح تحت الغطاء النباتي المحلي، أدى ترشيح الأملاح من طبقات التربة النفوذة إلى تخزين الملح في الطبقات العميقة وكذلك في منسوب المياه على مدى فترات زمنية جيولوجية. وفي ظل هذه الظروف، كانت ملوحة المياه الجوفية مرتفعة للغاية في كثير من الأحيان، مع موصلية كهربائية تتراوح بين 15 إلى 150 ديسييمينز/م. وعندما كان منسوب المياه الجوفية 4 أمتار تحت السطح، لم تؤثر المياه الجوفية المالحة على الغطاء النباتي المحلي. ومع إزالة النباتات المحلية المعمرة وإدخال الزراعة، تغيرت مستويات توازن منسوب المياه الجوفية. وفي المناطق المنخفضة تسربت المياه ذات الأملاح الذائبة إلى المياه الجوفية من طبقات التربة العليا، ونتيجة لذلك ارتفع منسوب المياه الجوفية. يمكن تلخيص عملية التملح الناجمة عن تقلبات منسوب المياه على النحو التالي: أدى إدخال المحاصيل والمراعي إلى انخفاض تبخر المياه المأخوذة من هطول الأمطار عما يحدث تحت الغطاء النباتي الطبيعي، مما أدى إلى مزيد من الارتفاع في مستويات المياه الجوفية بسبب انخفاض استخدام المياه. ومع اقتراب المياه الجوفية المالحة من السطح، أصبحت طبقات التربة في الجزء العلوي من المتر الواحد مملحة ومشبعة بالمياه. يلعب الارتفاع الشعري للمياه المالحة دورًا حيويًا في تملح التربة السطحية. وكذلك، على جوانب الوادي، يمكن أن تتسرب المياه الجوفية المالحة إلى سطح التربة.

ب- الملوحة غير المرتبطة بالمياه الجوفية

وحتى في المناطق الطبيعية التي يكون فيها منسوب المياه عميقاً جداً (قد تصل 10 أمتار)، فقد تراكم الملح في طبقات التربة على مدى آلاف السنين، نتيجة لمصادر عديدة، بما في ذلك الرياح والأمطار. وفي ظل الظروف شبه القاحلة، لم يكن هطول الأمطار كافياً لترشيح جميع الأملاح المتراكمة تحت مناطق جذور النباتات المحلية إلى المياه الجوفية العميقة. أعاقت طبقات الطين الموجودة في باطن الأرض العميقة حركة الماء والملح. ونتيجة لذلك، تراكم الملح في طبقات التربة على بعد حوالي 4-10 أمتار من السطح. تم عرض حدوث تراكمات الملح في الطبقات العميقة في العديد من التضاريس الطبيعية في أستراليا لأول مرة بواسطة (Holmes 1960) وتم تأكيدها مؤخراً من خلال الدراسات الجيوفيزيائية باستخدام التقنيات الحديثة مثل الكهرومغناطيسية المحمولة جواً (Lawrie 2005) في التربة المالحة التي تهيمن عليها أملاح الصوديوم، تصبح طبقات التربة صودية وشديدة التشتت. يمكن أيضاً للتربة التحتية الصوديومية ذات الكثافة الظاهرية العالية أن تمنع نقل المياه وتقييد الترشيح بعد التسرب، وهي عملية أدت إلى تراكم الملح في طبقات منطقة الجذر بكميات ضارة بنمو النبات. وتتقلب هذه "الملوحة العابرة" (Rengasamy, 2002a) مع العمق ويتغير تركيزها وتأثيرها على نمو النبات مع الموسم وهطول الأمطار. ومن الجدير بالذكر أن عمليات المياه الجوفية لا تؤثر على هذا النوع من الملوحة. يشرح الشكل: 14 بشكل تخطيطي عمليات التربة التي تؤدي إلى ملوحة عابرة في طبقات منطقة الجذر من التربة المشتتة. تنتشر الملوحة العابرة على نطاق واسع في مناطق زراعة الأراضي الجافة في أستراليا (Barrett-Lennard, Anderson, Holmes, & Sinnott, 2015; Rengasamy, 2002a) وتشير التقديرات إلى أن حوالي 67% من المساحة الزراعية تتأثر بهذا النوع من الملوحة.

الأشكال المختلفة لملوحة الأراضي الجافة الموجودة في التضاريس الطبيعية العالمية موضحة في الشكل (14) حوالي 5.8×610 كيلومتر مربع من التربة حول العالم هي تربة

صودية ذات طبقات تربة مشتتة ولها القدرة على الملوحة العابرة. يمكن أن يؤدي تراكم الملح، بالإضافة إلى زيادة الإمكانيات الاسموزية لمياه التربة، إلى إدخال تركيزات عالية من البورون وأنواع الكربونات والعناصر الدقيقة مثل: Al و Mn و Fe، والتي يمكن أن تكون سامة للنباتات. ونتيجة للتغيرات المناخية المتوقع حدوثها في المستقبل، قد تزداد الملوحة



الشكل 14: أنواع مختلفة من ملوحة الأراضي الجافة بأستراليا (Rengasamy 2002)

العابرة في المناطق التي يقل فيها هطول الأمطار وترتفع درجة الحرارة، عندما يقل رشح الأملاح ويزداد تركيز الأملاح بسبب التبخر العالي. وفي المناطق التي تزداد فيها مستويات هطول الأمطار، يمكن أن تزيد الملوحة الناجمة عن منسوب المياه الجوفية.

ج- الملوحة الناجمة عن الري

وقد زاد الإنتاج الزراعي في أجزاء كثيرة من العالم في القرن الماضي بسبب الري. ومع ذلك، فإن الملوحة الناجمة عن الري تمثل مشكلة متنامية في هذه المناطق (Umali, 1993) وأفادت منظمة الأغذية والزراعة (1991) أن حوالي 20-30 مليون هكتار من الأراضي المروية تأثرت بشدة في إنتاجية المحاصيل بسبب الملوحة، وحوالي 80 مليون هكتار تأثرت بشكل معتدل. يتم تخزين الأملاح الناتجة عن مياه الري داخل منطقة الجذر بسبب عدم كفاية الترشيح. مياه الري المالحة، وانخفاض التوصيل الهيدروليكي لطبقات التربة توجد عادة في التربة الطينية المشتتة (الصودية)، وظروف التبخر العالية تعمل على تسريع تملح طبقات التربة السطحية. أدت الجهود المبذولة لضخ المياه الجوفية المالحة لتقليل منسوب المياه الجوفية وإعادة استخدامها للري إلى تملح طبقات التربة في مناطق الري الأسترالية (Rengasamy & Olsson, 1993) كما أن الاتجاهات الحديثة في استخدام النفايات السائلة الصناعية والمياه المعاد تدويرها لأغراض الري تعمل أيضاً على تعزيز التملح والتدهور الهيكلي للتربة. ويلعب الصرف غير السليم وطرق استخدام المياه دوراً هاماً في الملوحة الناجمة عن الري (Reitz & Haynes, 2003; Rengasamy & Olsson, 1993)

د- الآثار الضارة للتملح

يؤثر التملح على جوانب متعددة من البيئة والحياة البشرية. فهو يؤثر على إنتاج المحاصيل والصناعات وإمدادات المياه، ويؤدي إلى خطر الفيضانات وتآكل التربة، ويقلل التنوع البيولوجي.

هـ- الإنتاج الزراعي

يعتمد التشبع المائي في النباتات على مستوى الأملاح في المياه الجوفية والنبات نفسه. يتم امتصاص الماء بالظاهرة الإسموزية ويتدفق من المناطق الأقل تركيزاً للملح إلى المناطق الأكثر تركيزاً. عندما يكون تركيز الملح مرتفعاً جداً، فهذا يعني أن القدرة الإسموزية للتربة سلبية بشكل أساسي، تعاني النباتات من الإجهاد الأسموزي عندما تفشل في امتصاص

الماء، حتى عندما يكون موجودا في التربة في الأساس، تشبه العملية إجهاد الجفاف بسبب نقص الرطوبة في الأرض. ونتيجة لذلك، تموت النباتات. كما أن التملح يؤثر على امتصاص النيتروجين، مما يبطئ نمو النبات ويسبب فقدان المحصول. هناك تأثير آخر لملوحة التربة على الزراعة وهو الإجهاد الأيوني الناتج عن الأيونات الضارة الموجودة في أملاح التربة، مثل الكلوريد أو الصوديوم. وبصرف النظر عن تأثيرها السام، فإن هذه الأيونات موجبة الشحنة تعيق اكتساب أيونات أخرى موجبة الشحنة حيوية لنمو المحاصيل (وخاصة البوتاسيوم والكالسيوم). والنتيجة هي نفسها كما هو الحال مع الإجهاد الأسموزي بسبب التملح - موت الغطاء النباتي.

و- جودة المياه

ومشكلة التملح هي أن الأملاح لا تتراكم في التربة فحسب، بل تخترق أيضاً المسطحات المائية العذبة، مما يؤدي إلى تملحها. فهو يؤدي إلى تدهور مياه الشرب والري ويزيد من ملوحة الأراضي الجافة.

يعد حوض نهر كولورادو أحد أكثر المناطق تضرراً في العالم. زادت ملوحة النهر مرتين خلال السنوات الستين الماضية في كولورادو وأريزونا ويوتا وكاليفورنيا ووايومنغ ونيو مكسيكو .

ي- أثر الملوحة على الاقتصاد

تؤثر الملوحة أيضاً على الاقتصاد بشكل كبير، حيث تزيد تكاليف معالجة المياه المالحة لجعلها صالحة للشرب والاستخدام في الزراعة والصناعة. كما أنها تقلل من إنتاجية الأراضي الزراعية وتؤدي إلى فقدان الوظائف وتراجع الدخل في المناطق المتأثرة.

ز- أثر الملوحة على التنوع البيولوجي

وفي حين أن التربة غير المالحة لا تؤثر على المحاصيل، فإن التربة شديدة الملوحة مناسبة فقط لأنواع والنباتات الملحية التي تتحمل الملوحة. وبالتالي، فإن التملح يقلل من أصناف النظام البيئي ويهدد ظروف وجودها الطبيعية. يؤدي انخفاض التنوع النباتي حتماً إلى

انخفاض الحيوانات أيضاً عن طريق قصر السلسلة الغذائية. يؤدي التملح إلى تقليل التنوع البيولوجي في الأنهار أو بحيرات المياه العذبة، مما يؤدي إلى تقصير أعداد الأحياء المائية واقتصارها على الأنواع التي تتحمل الملوحة فقط.

تشير تأثيرات تملح التربة إلى تنوع المحاصيل، وبالتالي تنوع الأغذية، حيث يضطر المزارعون إلى إنتاج نباتات يمكنها البقاء على قيد الحياة في الأراضي المالحة.

ثانياً: الملوحة ونبات البطاطا

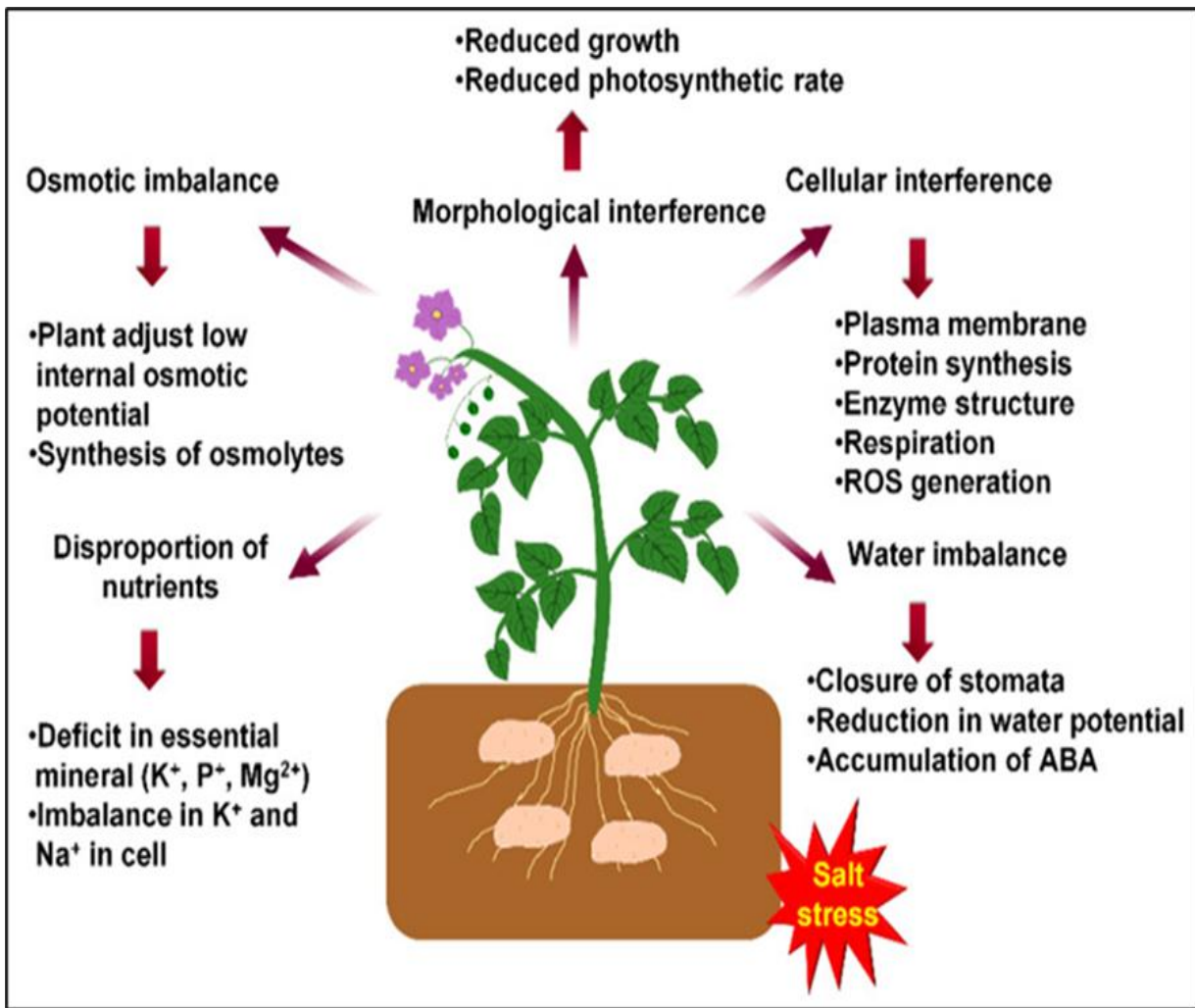
بحلول منتصف هذا القرن، من المتوقع أن يتراوح عدد سكان العالم بين 8.8 و 10 مليار نسمة (Cleland J 2013). ستساعد البطاطس على ضمان الأمن الغذائي والتغذوي لعدد متزايد من السكان في الدول النامية (Devaux A., Kromann P., Ortiz O 2014). ومع ذلك، فإن زيادة حدوث الضغوط غير الحيوية بسبب تغير المناخ، مثل الحرارة والجفاف والملوحة يمكن أن يحد من إنتاج البطاطس وإنتاجيتها (Hijmans R.J 2003) ولذلك، فإن أهم التحديات الناشئة التي يواجهها صناع السياسات والحكومة هي تطوير استراتيجيات مختلفة للتعامل مع سيناريوهات تغير المناخ، وضمان الأمن الغذائي والتغذوي في العقود القادمة (Tiwari R.K.et AL 2020). حيث، تشكل الملوحة تهديداً عالمياً كبيراً للزراعة، مما يتسبب في أضرار جسيمة لإنتاج المحاصيل وإنتاجيتها. وتعتبر البطاطس (*Solanum tuberosum*) من المحاصيل الغذائية المستقبلية من قبل منظمة الأغذية والزراعة لضمان الأمن الغذائي.

1. إجهاد الملوحة في البطاطس:

يتم تثبيط نمو نبات البطاطس تحت الإجهاد الملحي بسبب سمية الأيونات الناتجة عن الإجهاد الأسموزي. يؤدي الإجهاد الأسموزي الناتج عن الملوحة إلى تغيرات فسيولوجية في النبات، بما في ذلك اختلال توازن العناصر الغذائية، وضعف إزالة السموم من أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)، وتلف الأغشية، وانخفاض أنشطة التمثيل الضوئي. تتأثر بشكل سلبي العديد من الظواهر الفسيولوجية والكيميائية الحيوية، مثل الحفاظ على الحالة

المائية للنبات، والنتح، والتنفس، وكفاءة استخدام المياه، والتوازن الهرموني، ومساحة الأوراق، والإنبات، وإنتاج مضادات الأكسدة. يؤدي ROS تحت ضغط الملوحة إلى زيادة نفاذية غشاء البلازما وتسرب المواد، مما يسبب اختلال توازن الماء وانحلال البلازما. يؤدي تراكم تركيزات عالية من أيونات Na^+ إلى حدوث تغييرات في الوظائف الخلوية للخلايا النباتية، مما يؤدي في النهاية إلى زيادة معدل التنفس، والتغيرات في توزيع المعادن، وعدم استقرار أغشية الخلايا، وفقدان السلامة، ويسبب انخفاضاً في ضغط الانتباج بسبب اختلال التوازن الأيوني (Babu MA, Singh D, Jothandam KM 2012). البطاطس محصول متعدد الاستخدامات ويمكن زراعته في أنواع مختلفة من التربة. ومع ذلك، فإن نموها وإنتاجيتها يتأثران بشدة بسبب إجهاد الملوحة (Sharda R Choudhary O.P. ، G. ha 2017) في ظل الإجهاد الملحي، لا يتأثر إنتاج المحاصيل النسبي حتى يتم تجاوز عتبة ملوحة معينة (EC t) في التربة. معظم الخضروات مثل الفاصوليا والجزر والباذنجان والبطاطس والبطيخ والبصل والبازلاء والكرفس والخس والبامية والطماطم حساسة للملح، وبالتالي، لها قيمة منخفضة جداً لهذه العتبة وتتراوح من 1 إلى $2.5 dSm^{-1}$ ديسي سيمنز على المتر (Machado R.M.A., Serralheiro R.P 2017) يُصنف محصول البطاطس على أنه محصول حساس للملوحة بشكل معتدل حيث أن القيمة الحدية لملوحة التربة لمستخلص التربة المشبعة (EC e) تبلغ 1.7 ديسي سمنز/متر وملوحة مياه الري (EC w) تبلغ 1.1 ديسي سمنز/متر. عندما تكون الموصلية الكهربائية (EC) لمياه الري $5 dSm^{-1}$ ، فإن انخفاض المحصول يصل إلى 50% بالنسبة لأنواع البطاطس المتحملة بينما ينخفض إلى 25% في حالة الأنواع الحساسة (Bloom-Zandstra M et al 2014). تحت ضغط الملح، تكون أنسجة البزاعم والأوراق هي موقع تراكم أيونات الصوديوم Na^+ ، والكلوريد Cl^- ، والبورون B^{3+} تعتبر التركيزات العالية من Na^+ و Cl^- عاملاً محدداً للنمو تحت ضغط الملح. يتداخل Na^+ مع K^+ و Ca^{2+} في انخفاض قدرة التمثيل الضوئي بسبب تحلل الكلوروفيل (McDonald G.K. Rengasamy P. Tavakkoli E. 2010) تعمل هذه

الأيونات أيضًا على إضعاف الوظيفة البيوكيميائية، مثل تخليق البروتين وتعطيل الإنزيمات. يحدث تلف البلاستيدات الخضراء والعضيات الأخرى في ظل ظروف الملوحة الشديدة (Hirasawa T. et al 2017). كما أن تملح التربة يمنع تكوين الدرنات وتضخيمها، وذلك بسبب تراكم الملح العالي في خلايا الدرنات، مما يؤدي إلى تغيير القدرة الأسموزية وقدرة امتصاص المغذيات، (Bizimungu B. et AL 2019). تم توضيح تأثير إجهاد الملوحة على نباتات البطاطس في (الشكل 15)



الشكل 15: نموذج تخطيطي يوضح تأثيرات الملوحة في البطاطس.

يسبب الإجهاد الملحي تغيرات شكلية واضحة مثل شيخوخة الأوراق، والشيخوخة المبكرة، وتراجع نمو الجذور. يتداخل مع التوازن الأسموزي بسبب تراكم الأيونات السامة. تؤدي الأيونات السامة إلى التداخل الخلوي وتوليد ROS مما يتسبب في تعطيل غشاء البلازما وإعاقة التنفس وإتلاف بنية الإنزيم. تسبب هذه الأيونات نقص العناصر الغذائية الأساسية وعدم توازنها. يسبب الإجهاد الملحي أيضًا الإجهاد الأسموزي الذي يؤدي إلى اختلال توازن الماء ونتيجة لذلك يحدث إغلاق الثغور وتقليل إمكانات الماء.

تحت ضغط الملوحة، طورت النباتات آليات مختلفة لتحمل الظروف المالحة. تم تصنيف هذه الآليات على نطاق واسع إلى ثلاث فئات، وهي التحمل الأسموزي، واستبعاد الأيونات، وتحمل الأنسجة (Chakraborty K. et al. 2020, Roy S. J., Negrao S., Tester M.). يعد التكيف الأسموزي وتوزيع الأيونات السامة من الآليات التنظيمية الأساسية (2014). للخلايا النباتية للتكيف في ظل ظروف الملوحة. تشير الأدلة إلى أن الملوحة العالية تؤدي أيضاً إلى الإجهاد التأكسدي في خلايا غالبية الخضروات (Machado R.M.A.) (Serralheiro R.P 2017) يمكن تحقيق التوازن الأسموزي عن طريق تعديل وتراكم كميات كبيرة من الأسموليتات، وهي المذابات العضوية، أي البرولين والسكريات والأحماض الأخرى والأيونات غير العضوية المختلفة Na^+ ، K^+ ، Ca^{2+} ، و Cl^- في المستويات العالية للملوحة (Bonding et al. 2016)، بناءً على الاستجابة للملوحة، تم تصنيف الأنواع النباتية إلى مجموعتين، وهي الأنواع التي تتحمل الملوحة عند ناقليّة 4 dsm^{-1} أو $40 \leq$ ملي مول كلوريد الصوديوم والحساسة للملوحة 2 dsm^{-1} أو ما يصل إلى $20 \leq$ ملي مول كلوريد الصوديوم (Ödemiş B., Çalişkan M.E. 2014) تحافظ الأنواع النباتية التي تتحمل الملوحة على آلية التمثيل الغذائي القياسية الخاصة بها مثل كفاءة استخدام المياه (WUE) في ظل ظروف الإجهاد الملحي. في حين أنه في الأنواع غير المتحملة، هناك غياب لآليات التمثيل الغذائي للتأقلم مع تركيز الملح العالي (Jha G., Choudhary O.P., Sharda R 2017، Katerji N. et al 2003) (2003) (Jha G., Choudhary O.P., Sharda R.2017)

2. آثار الإجهاد الملحي على نمو البطاطس وتطورها:

أ- التأثيرات العامة:

دائماً ما يكون الإجهاد اللا إحيائي أمراً صعباً نظراً لأنها سمة معقدة. هناك العديد من الأمثلة التي تُبذل من خلالها محاولات لتطوير أصناف من البطاطس تتحمل الملوحة (2016 Londhe S.). ومع ذلك، فإن الجهود المخصصة لتطوير أصناف البطاطس التي

تتحمل الملوحة محدودة. معدل النجاح منخفض نسبياً بسبب تعقيد السمات الوراثية والفسيوولوجية (Ashraf M., Foolad M.R. 2013 ، Flowers T.J., Flowers S.A 2005) توضح آلية التحمل في البطاطس جميع خصائص الصفة الكمية، وبالتالي تظهر مستويات تحمل مختلفة في الظروف البيئية المختلفة (Velásquez B., Balzarini M., Taleisnik E.2005) ومع ذلك، يتضح من الدراسات أن الإجهاد في ملوحة البطاطس يسبب انخفاضاً في المحصول، وكذلك انخفاض جودة الدرناات (Ödemiş B., Çalışkan M.E 2014) ، (Naik P.S., Widholm J.M 1993) ، (Hossain M., Kawochar A., Rahaman E) (2018)

ب- الدرناات:

تحت ضغط الملوحة، تم تسجيل انخفاض في المحصول بحوالي 60% بسبب تثبيط عملية التدرن. ومع ذلك، أثناء التعرض المسبق لنبات البطاطس للملوحة في المرحلة الأولية للنبات والظهور وتطور النبات، كان هناك خسارة أقل في المحصول بنسبة 21 إلى 59% (Levy D.1992) يتأثر العدد الإجمالي للدرناات الدقيقة بشكل أكبر بالإجهاد الملحي مقارنة بتطورها ووزن الدرناات (Zhang Z. et al 2005) كما تتأثر عملية التدرن وتكوين الدرناات الدقيقة بشدة بسبب إجهاد الملوحة (Zhang Z. et al 2005) إن محتوى السكروز بتركيزات عالية يعمل كإشارة لتكوين الدرناات الدقيقة (Dobránszki J et al 2008) في ظل إجهاد الملوحة، تم تقييد تطور الدرناات الدقيقة بسبب تثبيط انتقال السكريات (Kumar D., Ezekiel R.2006) ويشير تقرير آخر إلى أن تركيزات الملح المرتفعة في وسط النمو قد تؤدي إلى انخفاض نمو النبات وقدرة التجذير، مما يمنع في النهاية تكوين الدرناات الدقيقة في البطاطس (Dobránszki J., Magyar-Tábori K., Hudák I 2008).

ج- الجذور:

يتم استشعار إجهاد الملوحة في المقام الأول عن طريق الجذور، وخاصة المرستيم الجذري (Richardson K.V.A., Wetten A.C., Caligari P.D.S. 2001) مع زيادة تركيز الأملاح

خاصة (أيونات Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Cl^- ، SO^{2-} ، HCO^{3-}) يحدث انخفاض في عدد الجذور وقطرها وطولها (Murshed R. et al 2015)، (Faried H. et al 2016). لوحظت الأعراض الأولية لتسمم الملح في النظام الجذري، حيث كان انخفاض نمو الجذر ضعيفاً بشدة بسبب إجهاد الملوحة (Jbir-Koubaa R., et al 2015) الأنماط الجينية المتسامحة، هناك انخفاض أقل أهمية في عدد الجذور وقطرها وطولها مقارنة بالأنماط الجينية الحساسة. يمكن استخدام هذه المعلمة بشكل فعال كمعلمة اختيار لفحص الأنماط الجينية المتحملة للملوحة في برامج تربية البطاطس (Naik P.S., Widholm J.M 1993) (Jbir-Koubaa R., et al 2015).

د- الأوراق:

الورقة هي الموقع الرئيسي لعملية التمثيل الضوئي وتبادل الغازات. تؤدي الملوحة إلى انخفاض عدد الأوراق، و تساقطها، وشيخوختها، ونقص مساحتها، ونموها. تشير الدراسة إلى أن انخفاض مساحة الأوراق يسبب انخفاضاً في إنتاجية البطاطس (Acosta-Motos J.R., et al 2017) تؤثر الملوحة التي تزيد عن 0.6% بشدة على نمو البطاطس وتسبب نخر أطراف البراعم بالإضافة إلى تكوين الأوراق المركبة (Naik P.S., Widholm J.M 1993) نظراً لآلية التحمل المتأصلة في النبات، فإنه عادةً ما يحاول التغلب على الملوحة عن طريق استبعاد ونقل الأملاح الزائدة إلى الأوراق الأقدم (Acosta-Motos J.R., et al 2017). وهذا يسبب السمية، والشيخوخة المبكرة، وإمكانات الاسموزية المضطربة، وتركيبات الصباغ، والمحتوى المائي النسبي للأوراق. علاوة على ذلك، يحدث إغلاق الثغور وانخفاض محتوى الكلوروفيل أيضاً بسبب اضطراب تركيز أيونات Mg^{2+} في الأوراق. يؤدي تراكم الملح إلى انخفاض كميات الماء الورقية بمقدار 0.24 إلى 0.54 ميغا باسكال في البطاطس مما يؤدي إلى صعوبة في امتصاص الماء. (Chakraborty K., et al 2020) (Acosta-Motos J.R., et al 2017)، (Tiwari R.K., et al 2020)، (Levy D., Fogelman E., et al 2020)، (Itzhak Y. 1998)، (Sarker U., Oba S. 2020)

هـ - الإنبات والنمو:

تتميز البطاطس بنسبة تكاثر بذور منخفضة جدًا (1:4) حيث يتم استخدام جزء كبير من الإنبات عن طريق الدرنات كبذور في الموسم التالي من قبل العديد من المزارعين (Schulz S. et al 2013) لذلك، يعد وضع النبات الجيد وظهوره وإنباته من العوامل الحيوية لزراعة البطاطس المربحة. تشير الدراسات التي أجريت على البطاطس إلى أن ظهور النباتات وإنباتها معرض بشدة لإجهاد الملوحة (Toyota M et al 2001) أشارت التقارير الأخيرة إلى أن الدرنات المعرضة للملوحة مباشرة بعد الزراعة أدت إلى ظهور متفرق وتكدت خسائر كبيرة في المحصول (Levy D. 1992). أدت الموصلية الكهربائية للتربة التي تزيد عن 1.95 dsm^{-1} إلى تعفن درنات البذور، والتي فشلت في تحقيق الظهور الكامل تحت ضغط الملح (Toyota M et al 2001) تعمل معالجة البطاطس على تقليل خسائر ما بعد الحصاد ووفرة الإنتاج الزائد، وبالتالي زيادة دخل المزرعة وضمان الأمن الغذائي والتغذوي للبلاد (Lal M.K., Kumar A. et al 2020)

وعموماً فإن التراكم السام لـ Na^+ ، Cl^- هو المسؤول بشكل رئيسي عن إغلاق الثغور وانخفاض محتوى الكلوروفيل (Tiwari R.K., et al 2020) يمكن للنباتات الملحية أن تحافظ بشكل فعال على توازن هذه الأيونات. حيث أن النباتات الحساسة للملح، مثل البطاطس، لا يمكنها تنظيم تدفق الأيونات الذي يؤدي إلى انخفاض تركيز K^+ في السيقان والجذور (Murshed R., Najla S et al 2015) و يؤدي هذا الاضطراب في آليات تحمل النبات إلى انخفاض عملية التمثيل الضوئي للنبات بشكل عام، ومعدل النتح، وتوصيل ثغور الأوراق، وعدد السيقان، والمادة الجافة، وفي النهاية النمو (Murshed R., Najla S et al 2015، Flowers T.J. 1986).

3- تأثير الملوحة على فسيولوجية البطاطس

تشمل الاستجابة الفسيولوجية على مستويات النبات العلاقة المتغيرة بين التصنيع والتخزين، والحفاظ على حالة مياه النبات، والتمثيل الضوئي، والنتح، وفاعلية استخدام الماء (WUE)

Water Usage Effectiveness، والتوازن الهرموني، ومساحة الورقة، والإنبات، وإنتاج مضادات الأكسدة (Barbieri G. et al 2012)، (Gholizadeh A. et al 2017) تتضمن الاستجابة الفسيولوجية الأولية للإجهاد الملحي إغلاق الثغور وتقليل تمدد الأوراق. علاوة على ذلك، فإن التأثير السام الناتج عن تراكم تركيز الأيونات في الأوراق القديمة يسبب شيخوخة مبكرة للأوراق، مما يقلل من مصدر النبات، مما يؤدي في النهاية إلى موت النبات (Gholizadeh A. et al 2017) يتم تثبيط نمو النبات أثناء الإجهاد الملحي نتيجة للإجهاد الأسموزي، والذي يتبعه التسمم الأيوني. في المراحل الأولية من إجهاد الملوحة، يؤدي تراكم الأملاح العالي في التربة والنبات إلى تثبيط قدرة امتصاص الماء في نظام الجذر. علاوة على ذلك، يؤدي الإجهاد الأسموزي إلى تغيرات فسيولوجية في النبات، والتي تشمل اختلال توازن العناصر الغذائية، وضعف إزالة السموم من أنواع الأكسجين التفاعلية، وتلف الأغشية، وانخفاض أنشطة التمثيل الضوئي (Munns R., Tester M. 2008) (Gupta B.,) (Huang B 2014).

أ- تأثير الملوحة على العلاقة بين التصنيع (المصدر) والوجهة:

يتطلب إنتاج المحاصيل تحسناً ديناميكياً للعلاقة بين التصنيع والتخزين، وبالتالي الحفاظ على الاستجابات التكيفية الفسيولوجية والمورفولوجية تحت ضغط الملح. تتم عملية نقل و توزيع الكربون طوال موسم نمو البطاطس، حيث يتم تسهيل تبادل جزيئات الكربون أثناء النمو والتطور. يؤثر الإجهاد الملحي على أنشطة التصنيع (تثبيت الكربون) والتصريف عن طريق تقليل إنتاج ونقل المواد العضوية. إن محدودية المحصول والإنتاجية ترجع في نهاية المطاف إلى انخفاض عدد وحجم أعضاء التخزين (الدرنات)، حيث أن هناك تنافس بين عملية النمو الخضري، ومتطلبات التخزين، والتكيف مع ظروف الإجهاد (Albacete A.A.,) (Martínez-Andújar C., Pérez-Alfocea F. 2014) إن ملوحة التربة (كأحد الضغوط اللاإحيائية) تؤثر على كل من تطور الأوراق (الأنسجة المصدرية) وتكوين الأزهار و الأوراق الصغيرة والجذور والدرنات (الأنسجة الوجهة) في نباتات البطاطس (Suwa R., et al

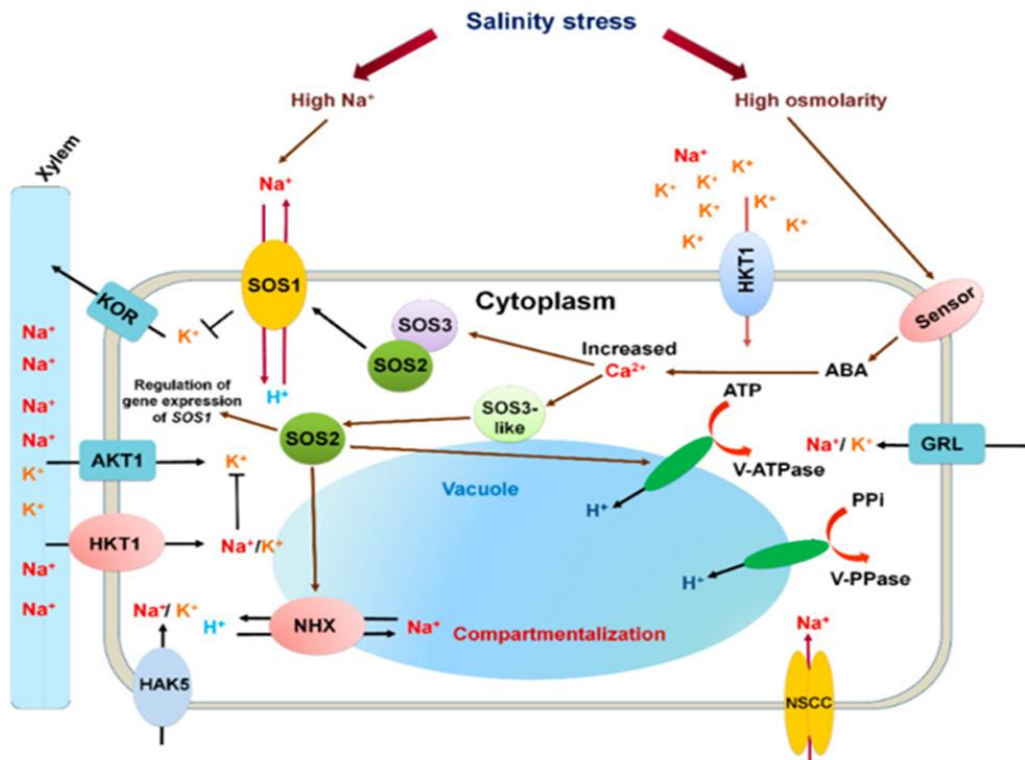
(2006). مما يعني أن هذه الضغوط تؤثر بشكل شامل على نمو النبات وتطوره، سواء في أجزاء النبات التي تنتج الغذاء أو التي تستخدمه (Aliche E.B. et al 2020) يعد توزيع المواد المنتجة ضوئياً بين أعضاء الوجهة عاملاً رئيسياً لإنتاجية النبات والتي تعتمد على مؤشر الحصاد *harvest index (HI)* (يستخدم مصطلح "مؤشر الحصاد" في الزراعة لتحديد كمية إنتاجية أنواع المحاصيل مقابل إجمالي كمية الكتلة الحيوية التي تم إنتاجها). يتراوح مؤشر HI للبطاطس من 0.7 إلى 0.8، وهو مرتفع مقارنة بالمحاصيل الأخرى. ومع ذلك، فإن HI يتأثر بشدة أثناء إجهاد الملوحة في البطاطس (Heuer B., Nadler A. 1995)

ب- التوازن الأيوني

يُعرف الإجهاد الملحي أيضاً بالإجهاد الأيوني المفرط. يحدث تراكم الملح في أنسجة البراعم خلال مراحل نمو نبات البطاطس (Rahnama H. et al 2011) يؤدي ارتفاع تركيز Na^+ في النبات إلى تثبيط امتصاص أيونات K^+ ، والتي تعد أحد العناصر المعدنية الأساسية للنمو والتطور (Ishikawa T., Shabala S. 2019) استجابة لخلل التركيز الأيوني في الخلية، فإنها تتعرض لإجهاد الملوحة، مما يؤدي إلى إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية، مثل الأكسجين المفرد، وبيروكسيد الهيدروجين، وجذور الأكسيد الفائقة، مما يؤدي إلى تعطيل الوظائف الخلوية الحيوية لنبات البطاطس (Heuer B., Nadler A. 1995)، (Sahoo M.R. et al 2020)، (Zhang N. et al 2011).

يتم الحفاظ على التوازن الأيوني تحت ضغط الملح عن طريق ضبط أيونات K^+ و Na^+ عن طريق الحصول عليها وتوزيعها في النباتات. يمكن نقل الملح الزائد في الأنسجة النباتية وتخزينه في الفجوة أو عزله في الأنسجة القديمة خاصة الأوراق، مما يؤدي في النهاية إلى شيخوخة أوراق البطاطس وتساقطها (Jaarsma R., de Boer A.H. 2018). تم تحديد ناقل HKT1 ناقل البوتاسيوم عالي الألفة 1 (على أنه ناقل Na^+ / K^+ في البطاطس حيث تمت دراسة آلية تحمل الملح لتفريغ Na^+ في تيار النتح عن طريق تنظيم هذا الجين (Wang L. et al 2019) يتم الحفاظ على الانتاج الأسموزي في الخلية بمساعدة مضخة البروتون

الفراغية، يدخل Na^+ إلى الفجوات من خلال نشاط الناقلات Na^+/H أما المادة المضادة الأخرى الأكثر أهمية الموجودة على غشاء البلازما، والتي تلعب دورًا مهمًا في تحمل الملوحة، فهي SOS1 الملح المفرط الحاسية 1 (Salt Overly Sensitive) في البطاطس والتي تم تحديدها من خلال تحليل النسخ (Shabala S., Mackay A 2020) تم شرح النموذج المفاهيمي للتوازن الأيوني في الشكل 16



الشكل 16: رسم توضيحي للتوازن الأيوني في النبات

SOS1 هو بروتين ناقل Na^+/H^+ الذي يتم تنشيطه تحت ضغط الملوحة والذي من خلاله يتم طرد Na^+ خارج الخلية مقابل ادخال بروتون واحد (H^+) في الخلية، يتم تنشيط SOS1 عن طريق الفسفرة $\text{SOS2} - \text{SOS3}$ ، والتي يتم تسهيلها من خلال زيادة أيون Ca^{2+} في الخلية، ينظم SOS2 أيضًا NHX1 و $\text{VH} + \text{ATPase}$. يساعد عمل NHX1 في ادخال Na^+ ويقلل من التأثير السام لـ Na^+ في العصارة الخلوية. يقوم مستقبل ABA الموجود في البلازما بتحفيز ABA في الخلية التي تنظم مستويات Ca^{2+} . ناقلات Na^+ الأخرى الموجودة على الغشاء البلازمي وناقلات K^+ مثل AKT1 ناقل البوتاسيوم عالي الألفة 1، HAK5 ناقل البوتاسيوم عالي الألفة 5 كلها تشارك في الحفاظ على التوازن الأيوني.

ج- التأثير الهرموني

كما أن إجهاد الملوحة في النبات يغير استجابة الهرمونات النباتية وتركيزها، مما يؤثر على نمو النبات. من بين خمسة هرمونات كلاسيكية، وهي الأوكسين والجبرلين والسيتوكينين وحمض الأبسيسيك والإيثيلين.

يشارك حمض الأبسيسيك (ABA) بشكل رئيسي في تحمل الملوحة في نبات البطاطس (Etehadnia M., 2008)، (Zhu J.K. 2016)، (Wang Z., et al 2020) استجابة للإجهاد الملحي، يوفر إنتاج ABA في المجموع الخضري والجذري قدرة تحمل في النبات، بواسطة عامل النسخ *stDREB* المستجيب لجفاف البطاطس (Bouaziz D., et al 2015) ارتبط تراكم ABA تحت ضغط الملوحة بزيادة في البوتاسيوم والكالسيوم والمذابات الأخرى المتوافقة (البرولين والجليسين البيتين والسكريات) في الخلية النباتية (Huang B، Gupta B.2014).

Brassinosteroids (BRs) هي هرمونات نباتية ستيرويدية متعددة الهيدروكسيل تلعب أدواراً رئيسية في العديد من العمليات التنموية في النباتات (Clouse S.D., Sasse J.M 1998) تطبيقه يعزز نمو وتطور النباتات تحت ضغط الملح. دراسة إجهاد الملوحة في المختبر للبطاطس بتركيزات منخفضة من مادة البرسينوليد (0.1 و 0.01 ميكروغرام / لتر) أظهرت تعزيز استطالة الجذور وتطور الجذور الجانبية (Hu Y., Xia S., 2016) فهو يساعد في الحفاظ على التوازن K^+ و Na^+ عن طريق تحسين نسبة البوتاسيوم على الصوديوم K^+ Na^+ في الأنسجة، وبالتالي قدرة تحمل الملح. تحضير البطاطس باستخدام البراسنوستيرويدات (BRs) يغير عملية الأيض في خلايا البطاطس بحيث يمكنها الاستجابة لتأثير الإجهاد الملحي بشكل أكثر نشاطاً (بمقدار 2 إلى 2.7 مرة) من خلال تراكم البرولين مقارنة بالنباتات التي تعرضت فقط إلى 100 ملي مول من كلوريد الصوديوم (Efimova (M.V., et al 2018).

يقوم جين *DWF4* بتشفير هيدروكسيلاز C-22 والذي يعد محوريًا في عملية التخليق الحيوي للبرازينوستيرويدا (BRs) أظهرت نباتات البطاطس المعدلة وراثيًا التي تعبر بشكل مفرط عن *StDWF4* قدرة أكبر على تحمل الملوحة من خلال تراكم المزيد من الأسموليتات (Zhou X., et al 2018) ولذلك، تشير الدراسات إلى أن التطبيق الخارجي لـ BRs يمكن أن يكون أداة فعالة لتقليل الإجهاد الملحي في البطاطس.

د- حالة المياه في النباتات

تحت الإجهاد الملحي، تتضاءل حركة الماء في النباتات. وأفيد أن هناك انخفاضًا كبيرًا في نفاذية الماء عبر القشرة، مما يقلل من نفاذية الماء الإسموزي خمسة مرات (Azaizeh H., Gunse B., Steudle E 1992) يحدث أيضًا تقليل كفاءة استخدام الماء (WUE)، (water use efficiency) في ظل ظروف إجهاد الملوحة في البطاطس (Wang L. et al. 2019) مما يسبب تعرض النبات لإجهاد شديد، ويقلل من نموه وإنتاجيته. وجد أن اصناف البطاطس التي تتحمل الملوحة تحافظ على التوازن، والأداء الطبيعي لجهاز التمثيل الضوئي، وبالتالي الحفاظ على نمو النبات وإنتاجيته (Levy D., Coleman W.K., Veilleux R.E. 2013) في حين أفادت الدراسات الحديثة أن تحمل إجهاد الملوحة في النبات يتم التحكم فيه عن طريق التوصيل الهيدروليكي، والذي يمكن ربطه بوجود قنوات الماء aquaporin على الغشاء الهيليولي (Kim T.H. et al 2011)، (Ruiz-Lozano J.M. et al 2012) ومن المعروف أيضًا أن تراكم الأملاح في منطقة الجذر يؤدي إلى انخفاض الجهد الأسموزي، مما يؤدي في النهاية إلى تقليل الجهد المائي والذي يقلل من المياه المتاحة لمنطقة الجذر.

علاوة على ذلك، يؤدي إجهاد الملوحة أيضًا إلى عدم توازن العناصر الغذائية، مما يمنع امتصاص العناصر الغذائية الأساسية عبر الجذور (Chakraborty K., 2020)، (Negrão S., Schmöckel S.M., Tester M. 2017) يتم تنظيم فقدان الماء من خلال فتح وإغلاق الثغور. إذا تم فتح الثغور بشكل مستمر، يكون هناك فقدان مستمر للمياه عن طريق النتح

دون تعويض الخسارة من التربة، وبالتالي يفقد نبات البطاطس تورمه ويتعرض للإجهاد المائي (Aliche E.B., 2020) جنباً إلى جنب مع انخفاض امتصاص الماء في النبات تحت الضغط الملحي، وجد أيضاً أن المحتوى المائي النسبي (*relative water content* (RWC) انخفض بشكل ملحوظ (Ali E.F., Hassan F.A.S. 2014) يمكن لنبات البطاطس الذي يتحمل إجهاد الملوحة أن يحافظ على امتصاص الماء عن طريق التعديل الأسموزي، وانتباج الخلايا، والسماح بالتمثيل الفسيولوجي بوتيرة معتدلة دون عوائق كبيرة في نمو النبات وتطوره وإنتاجيته. يشارك ABA في إغلاق الثغور في النباتات التي تتحمل الإجهاد، وهذه الحالة تقلل من تصرف الثغور مما يمنع فقدان الماء من النبات (Levy D., Veilleux R.E. 2007)، (Li Q., et al 2020).

هـ- التغييرات التشريحية والتغيرات الهيكلية:

تحت ضغط الملوحة، لوحظ أن هناك انخفاض في طول وقطر الجذر، وكذا في توسع خلايا الجذور، انخفاض كذلك في النسيج الإنشائي القمي، القشرة، والأسطوانة الوعائية (Neumann G., Römheld V. 1999)، (Céccoli G., et al 2011) وقد لوحظت سمة تشريحية في الأوراق تحت ضغط الملوحة وهي أن سماكة البشرة العلوية والسفلية تقلل من قطر الحزم الوعائية لها، وأن هناك زيادة في نسبة الطبقة الخارجية / الطبقة الداخلي للجذور (Atabayeva S. et al 2013). و أن الاستجابة التشريحية الأكثر شيوعاً للنبات هي تعديل جدار الخلية، وترسب السوبرين في خلايا شريط كاسبري في الأديم الباطن. في البطاطس، يؤدي إجهاد الملوحة (زيادة تركيز كلوريد الصوديوم الخارجي) إلى انخفاض في عدد البلاستيدات الخضراء، والمساحات بين الخلايا، وتمزق جدار الخلية (Gao H.J., et al 2015) علاوة على ذلك، يؤدي ارتفاع تركيز NaCl الخارجي تدريجياً إلى انخفاض في خلايا النسيج اليخضوري المتوسط (الميزوفيل)، وحدث تفسخ في البلاستيدات الخضراء واضطراب تركيب النشا.

و- البناء الضوئي

يعد إجهاد الملوحة عاملاً محددًا رئيسيًا يؤدي إلى انخفاض عملية التمثيل الضوئي بسبب خلل في نظام الصبغ الضوئي (Sarker U., Oba S. Salinity 2019) يمنع التركيز العالي من كلوريد الصوديوم امتصاص النيتروجين من التربة، وهو عنصر رئيسي يحتاجه النبات لتخليق الكلوروفيل (Kaya C., Tuna A.L., Yokaş I. 2009) وتتم إعاقة امتصاص أيون المغنيسيوم (Mg^{2+}) الضروري لتنشيط الإنزيمات المختلفة أثناء تركيب الكلوروفيل، حيث يعمل كعامل مساعد للإنزيمات، وكذلك كجزء من الكلوروفيل (Abdel Latef A.A.H.,) (Chaoxing H. 2011)، (Ashraf M., Akram N.A. 2009) يزداد إغلاق الثغور تحت ضغط الملوحة، مما يقلل من امتصاص ثاني أكسيد الكربون من خلال مسام الثغور وبالتالي انخفاض عملية التمثيل الضوئي. انخفاض معدل التمثيل الضوئي لكل وحدة مساحة بسبب انخفاض عدد الثغور في البطاطس (Levy D., Coleman W.K., Veilleux R.E.) (Charfeddine M et al 2019)، (2013).

لإجراء عملية التمثيل الضوئي، يلعب النظام الضوئي الثاني (PS II) دورًا حيويًا في كلا النظامين الضوئيين (PS I) و (PS II) من بين كلا النظامين الضوئيين، يكون PS II حساسًا جدًا تحت ضغط الملوحة، وقد تم الإبلاغ عن انخفاض كفاءة PS II في أوراق البطاطس (Kolomeichuk L.V. et al. 2020).

4- تأثير الملوحة على الصفات البيوكيميائية للبطاطا

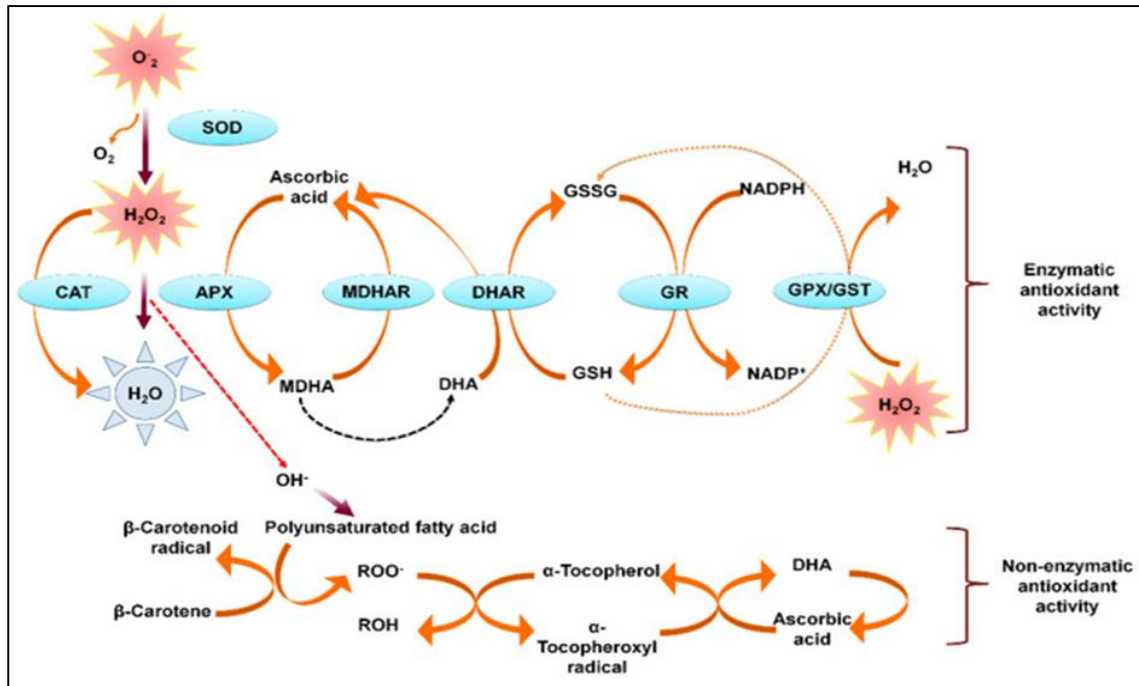
❖ ROS ونظام مضادات الأكسدة

إن إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) استجابة لأي نوع من الإجهاد (الإجهاد الحيوي وغير الحيوي) في النبات هو الاستجابة الأولية لحالة الإجهاد (Ramegowda V. et al. 2020). جزيئات ROS التي يتم إنتاجها تحت الضغط هي جذور الهيدروكسيل ($\bullet OH$)، الأكسجين المفرد ($1O_2$)، بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، جذري الكوكسيل (RO) وجذر الأكسيد الفائق (O^{2-}) (Sarker U., Oba S. 2019)، (Sarker U., Oba S. 2018) تؤدي

جزيئات ROS هذه إلى تنشيط الإجهاد التأكسدي الثانوي، مما يؤدي إلى إتلاف أنظمة الغشاء (Negrão S., Schmöckel S.M., Tester M. 2017). يتم إنتاج ROS من البلاستيدات والبيروكسيسوم والميتوكوندريا التي تقلل من تخليق البروتين وتثبط الإنزيمات وتعطل التمثيل الغذائي الخلوي (Gao H.J. et al 2015)، (Choudhary A., Kumar A.,) (Kaur N. 2020). لتجنب الأضرار التأكسدية، يتم تصنيع جزيئات مضادة للأكسدة للتخلص من أنواع الأكسجين التفاعلية هذه، وتمنع الأضرار التأكسدية. يحاول النبات مواجهة حالة الإجهاد بمساعدة نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية (Choudhary A.,) (Kumar A., Kaur N. 2018)، (Sarker U., Oba S 2020) تشمل مضادات الأكسدة غير الأنزيمية على البيتاين، والكاروتينات، والتوكوفيرول، وأحماض الأسكوربيك، ومركبات فينولية وفلافونويدية مختلفة مثل الفينولات البسيطة، وأحماض هيدروكسي بنزويك المختلفة وأحماض هيدروكسي سيناميك، والفلافانول، والفلافونول، والفلافونون، وما إلى ذلك، ولها قدرة تحييد للجذور الحرة عالية (Okon O.G) High free radical neutralization capacity (2019)، (Zandalinas S.I., et al 2018) في ظل الضغوط اللاحيائية بما في ذلك الجفاف والملوحة، طور النبات آليات أو مسارات لتعزيز تراكم مضادات الأكسدة غير الأنزيمية لإزالة سموم أنواع الأكسجين التفاعلية (Ashraf, M.; Akram, N.A 2009) وكذلك زيادة الإنزيمات المضادة للأكسدة مثل الكاتالاز (CAT)، *superoxide dismutase (SOD)*، *glutathione monodehydroascorbate peroxidase (GPX)*، *guaiacol peroxidase (POX)*، *dehydroascorbate reductase (MDHAR)*، *glutathione-S-transferase (GST)*، *reductase (DHAR)* (AsA) يتم تصنيع الجلوتاثيون المختزل (GR) والأسكوريات (AsA) والجلوتاثيون (GSH) استجابة لإجهاد الملوحة (الشكل 17) (Choudhary A., Kumar A.,) (Kaur N. ROS 2020).

تؤدي أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) إلى زيادة نفاذية الغشاء البلازمي وتسرب المواد، مما يسبب خللاً في توازن الماء وانكماش البروتوبلازم (plasmolysis). قد يكون تكوّن الفجوات،

المعروف باسم التفجج (vacuolation)، استجابة لتلف نظام الغشاء بسبب تأكسد الدهون الذي تسببه أنواع الأكسجين التفاعلية الناتجة عن الإجهاد الملحي في البطاطس (Charfeddine, M.; et al 2019) في الفجوة، يمكن أن يتم تخزين أيونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-) بحيث تقلل من تأثيرها السام على العضيات الأخرى داخل السيتوبلازم (السائل الخلوي). في الأساس، يمكن لهذه العملية أن تحد من تأثير الأيونات السامة على بقية الخلية (Kim, I.S.; Park, S2010). يتم تسرب ROS، الذي يتم إنتاجه أثناء ظروف الإجهاد، من سلسلة نقل الإلكترون في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء، التي تتفاعل مع O_2 في غياب مستقبلات أخرى (Benavides, M.P et al 2000).



الشكل 17: إزالة السموم من أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) عن طريق مضادات الأكسدة الأنزيمية ونشاط الأكسدة غير الأنزيمية في الخلية النباتية.

إن إنزيم انزيم الفائق أكسيد ديسموتاز (SOD)، والكاتالاز (CAT)، وبيروكسيداز الأسكوربيك (APX)، والجلوتاثيون بيروكسيداز (GPX)، والجلوتاثيون S ترانسفيراز (GST)، ومونوديهيدروسكورات ريدكتيز (MDHAR)، وإنزيم ديهيدروسكورات ريدكتيز (DHAR)، وإنزيم الجلوتاثيون ريدكتيز (GR) هي البروتينات المسؤولة عن القضاء على ROS من خلال النشاط الأنزيمي المضاد للأكسدة. يتطلب القضاء على أنواع الأكسجين التفاعلية عن طريق نشاط مضادات الأكسدة غير الأنزيمية بيتا كاروتين (فيتامين أ)، وحمض الأسكوربيك (فيتامين ج)، وألفا توكوفيرول (فيتامين هـ)، و ثلاثي الببتيد، γ -I-glutamyl-I-cysteinyl-glycine المعروف باسم الجلوتاثيون (GSH) وهو أحد أهم مضادات الأكسدة منخفضة الوزن الجزيئي التي يتم تصنيعها في الخلايا.

وظيفة الأسموليت

تحت ضغط الملوحة، تلعب الحماية الأسموزية دورًا مهمًا في الحفاظ على تحمل الملح (Singh M., et al 2015). يوفر تراكم الأسموليتات والمواد المذابة المتوافقة تحت ضغط الملح آلية تحمل في النبات عن طريق حماية الجزيئات الكبيرة الأساسية من التلف بسبب الإجهاد التأكسدي. تحدث عملية التنظيم الأسموزي في فتح الثغور من خلال حركة المواد المذابة، والتي يمكن أن تتأثر بالحركة بين الخلايا (Negrão S., Schmöckel S.M., Tester M 2017). المذابات المتوافقة هي مركبات عضوية غير مشحونة وقطبية وقابلة للذوبان. علاوة على ذلك، فهي لا تتداخل مع التمثيل الغذائي الخلوي بتركيزات عالية. يمكن أن يؤدي التعديل الأسموزي في نبات البطاطس تحت ضغط الملح إلى تراكم المواد المذابة المتوافقة بتركيزات عالية، بما في ذلك الأيونات غير العضوية والمذابات العضوية ذات الوزن الجزيئي المنخفض (Gao H.J., et al 2015). النبات الذي يتحمل الملوحة غني بالسكريات ذات الوزن الجزيئي المنخفض، والأحماض العضوية، والبوليلولات، والإكتين (1، 4، 5، 6 - رباعي هيدرو-2-ميثيل-4-كربوكسيلبيريميدين)، والأحماض الأمينية، والأميدات، وأحماض الإمينو، والأمونيوم الرباعي (Ashraf M., Harris P.J.C. 2004). يتم الحفاظ على تركيز المواد المذابة المتوافقة من خلال التوليف غير القابل للانعكاس للمذاب والتحلل، تتراكم هذه في الخلية لمنع بنية عضوية الخلية من التلف بالحفاظ على التوازن الأسموزي داخل الخلية عن طريق التدفق المستمر للمياه (Gupta B., Huang B. 2014). يوجد مركب الأمونيوم الرباعي الأمفوتيري المذاب المتوافق مثل جليكاين البيتين (GB N)، (N-trimethylglycine) في كل مكان في الكائنات الحية الدقيقة والنباتات العليا والحيوانات (Hussain Wani S et al 2013). إنه محايد كهربائيًا ويحتوي على مجالات قطبية وغير قطبية تتفاعل مع مجالات الأجزاء المحبة للماء والكارهة للماء من الجزيئات الكبيرة مثل البروتين والإنزيمات (Parray J.A., Yaseen Mir M., Shameem N. 2019). يشمل دور GB حماية الخلايا عن طريق التعديل الأسموزي، وتثبيت البروتينات، وحماية

جهاز التمثيل الضوئي (مجمع البروتين PS II)، وتقليل تراكم ROS في الخلية النباتية (Hussain Wani S et al 2013 Dikilitas M., Simsek E., Roychoudhury A. 2020).

تعمل الأنواع المختلفة من السكر الموجودة في النبات والتي يُقال أنها تتراكم في الخلية تحت ضغوط لا إحيائية مختلفة بمثابة أسموليت بالإضافة إلى مادة وقائية. الترهالوز هو أحد ثنائي السكاريد الذي يتراكم تحت ضغط الملح والجفاف (Joshi R., et al.2020). تتمثل الوظيفة الرئيسية للترهالوز في النبات في حماية الغشاء الخلوي والبروتين والمكونات الخلوية الأخرى التي تتعرض للإجهاد الناتج عن الإجهاد التأكسدي. كما أنه يقلل من تمسخ البروتين ويمنع موت الخلايا المبرمج (Jain N.K., Roy I. 2009). علاوة على ذلك، فقد أُفيد أن تراكم الترهالوز في النبات تحت إجهاد الملوحة يلعب دورًا مهمًا في أنواع النباتات المختلفة، والتي لها علاقة إيجابية في توفير القدرة على تحمل إجهاد الملوحة (Ashraf M., Harris P.J.C. 2004).

❖ البرولين:

(البرولين، حمض أميني متعدد الوظائف بالإضافة إلى دوره في التمثيل الغذائي الأولي كـ مكون للبروتينات يشارك في تكيف النباتات مع الضغوط البيئية) تحت الضغط الاسموزي، مثل الملوحة والجفاف، فبالإضافة إلى إنتاج النبات لمضادات الأكسدة، فإنها تتراكم أيضًا المواد المذابة المتوافقة مثل البرولين في الخلية، والذي يعمل كمخزن اسموزي. البرولين، باعتباره مادة واقية أسموزية، يضبط التوازن الأسموزي في الخلية، وبالتالي يمنع الجزيئات الكبيرة من التغيير مثل البروتينات الحساسة، ويمنع تلف الأغشية، ويساعد في إنتاج الإشارات المرتبطة بالإجهاد (Anamul Hoque M et al 2007)، (Deinlein U., et al 2014).

❖ البوليولات:

البوليولات عبارة عن كربوهيدرات غير مختزلة وقابلة للذوبان بدرجة عالية في السيتوبلازم بعض أمثلة البوليولات هي السوربيتول والمانيتول والزلييتول واللاكتيتول والماليتيتول

(Kanayama Y. 2009). وتشارك هذه أيضًا في التعديل الأسموزي وتعمل كمواد مذابة متوافقة في ظل ظروف إجهاد الملوحة (Kanayama Y. 2009). البوليلولات عبارة عن مركبات تحتوي على مجموعات وظيفية متعددة من الهيدروكسيل متاحة للتفاعل العضوي. هذه المواد المذابة المتوافقة عبارة عن مرافقات ذات وزن جزيئي منخفض تعمل كمركبات كسح للـ (ROS) (Rasool S., et al 2012).

5- قابلية الإصابة بالأمراض والآفات

يمثل الظهور المستمر للإجهاد اللاأحيائي والحيوي معًا تحديًا كبيرًا لمعظم المحاصيل الحقلية في الزراعة (Tiwari R.K., et al 2020). مع تغير المناخ العالمي، تتغير ديناميكيات الآفات والأمراض أيضًا استجابةً للجفاف والحرارة والملوحة والبرد (Lal M.K., Tiwari R.K., et al 2021) تعد استجابات النباتات المضيقة للإجهاد المشترك معقدة للغاية حيث توجد ثلاثة عوامل معنية، وهي النبات المضيف، ومسببات الأمراض، والإجهاد البيئي (Kissoudis C., et al 2015). إن تأثير الإجهاد اللاأحيائي في التفاعل بين النباتات والآفات محدود للغاية، ولكن هذا المجال يحتاج إلى بحث شامل من أجل فهم أفضل للتأثير التآزري أو العدائي للآليات الأساسية. مثل أي إجهاد غير حيوي، تؤثر الملوحة على العديد من وظائف النبات في الحقل، وعلى ديناميكيات تفاعلات مسببات الأمراض والآفات مع المضيف، وهو أمر لا يمكن استبعاده. يشكل الإجهاد الملحي والآفات والأمراض في الحقل مثالًا ممتازًا للإجهاد المشترك، والذي قد يؤثر بشدة على إنتاجية وجودة المنتجات الزراعية (2015 Munns R., Gilliam M.)

تختلف الضغوطات المسببة للأمراض اللاأحيائية، والتي تحركها الاستجابات الفسيولوجية والجزيئية، بشكل كبير عن الاستجابة التي تنشأ بسبب الإجهاد الفردي. وقد لوحظ أنه في معظم حالات الإجهاد المشترك، تسود العوامل اللاأحيائية في إحداث الأضرار (Nachmias A., et al 1993).

6- تحمل الملح في البطاطس

تحافظ النباتات على التكيف مع الإجهاد الملحي العالي من خلال آليات التحمل والتجنب. يتم تحقيق تحمل الملح عن طريق تقييد دخول الملح عبر الجذور، واستبعاد الأيونات من أنسجة الأوراق، والتحكم في تركيز الأيونات وتوزيعها، وتخزينها في حجرات محددة داخل الخلية، والتفاعل الهرموني المتبادل، وآليات الاستشعار المختلفة (Chen M., et al 2018). لقد أدت الأبحاث المكثفة في السنوات القليلة الماضية إلى زيادة معرفتنا وفهمنا للآليات المختلفة للإجهاد الملحي وكيفية تأثيره على إنتاجية المحاصيل. ومع ذلك، فإن الأبحاث، وخاصة في البطاطس، ليست كبيرة، مما قد يوفر اتجاهًا مستقبليًا نحو فهم إجهاد الملوحة. الطريقة الأكثر قوة واقتصادية هي نشر الاستراتيجيات والأساليب البيولوجية للتخفيف من تأثير إجهاد الملوحة في المحصول، والتي تشمل الاستفادة من الأقارب والأنواع البرية، وتربية الأصناف التي تتحمل الملوحة، والتعديل الوراثي للأصناف الزراعية المناسبة (Ashraf M., Foolad M.R. 2013).

7- الأقارب البرية وأنواع البطاطس البدائية

في البطاطس، كان تحسين الأقارب البرية دائمًا مصدرًا مهمًا للاستخدام، خاصة فيما يتعلق بالمقاومة الحيوية. توفر الأنواع البرية النسبية والبدائية من البطاطس إمكانات هائلة في معالجة مشكلة الملوحة من خلال توفير مجموعة جينات يمكن استغلالها في تربية البطاطس لتحمل الملوحة (Heřmanová V., et al 2007). وفي هذا الصدد، قام المركز الدولي للبطاطس (CIP) في بيرو بتقييم مداخله فيما يتعلق بتحمل الملوحة. إجمالي سبع سلالات مقاومة للملوحة تتضمن ستة مهجنة ونوع بري واحد)

(تم الوصول إليه في 27 <http://genebank.cipotato.org/gringlobal/search.aspx>)

يناير 2021)

8- أسلوب التربية لتعزيز تحمل الملح

الطرق المستخدمة في تحسين تحمل النباتات للملوحة .

- التربية الأولية: تشير إلى استخدام التنوع الوراثي الطبيعي للنباتات واختيار الصفات المرغوبة وتهجين النباتات لإنتاج سلالات تتحمل الملوحة بشكل أفضل.
- التربية المساعدة بالعلامات الجينية: تستخدم تقنيات الجينوم لمساعدة تحسين تحمل النباتات للملوحة، مثل تحديد المواقع الجينية المسؤولة عن التحمل للملوحة واستخدام العلامات الجينية لتسريع عملية التربية.
- النهج الجينومي: يشير إلى استخدام التقنيات الحديثة في تحليل الجينومات لتحسين التحمل للملوحة، بما في ذلك تحرير الجينوم باستخدام أنظمة CRISPR/Cas9.
- إنتاج النباتات المتحورة وراثيًا: يشير إلى إدخال جينات تحمل الملوحة إلى النباتات بشكل مباشر أو تعديل مستويات الجينات الموجودة بالفعل لتحسين تحملها للملوحة.

9- الطرق النموذجية لمنع تملح التربة:

- تحسين الري (تقليل استخدام المياه المالحة، وتنفيذ الري بالتقطير، واستخدام المياه المحلاة والمعاد تدويرها، وعدم الإفراط في الري)
- إضافة السماد العضوي للحفاظ على الرطوبة وتقليل الري.
- الامتناع عن الحراثة العميقة بالآلات الثقيلة وعدم نقل أملاح التربة إلى منطقة الجذر، مما قد يؤدي إلى التملح.
- استخدام محاصيل التغطية أو المهاد لحماية سطح الأرض.

ثالثاً: طرق تقليل آثار ملوحة التربة

هناك عدة تقنيات لمعالجة التملح وتحسين الإنتاجية الزراعية من بينها زيادة الصرف لتنظيف التربة (لإزالة الأملاح من سطح الأرض). زراعة محاصيل تتحمل الملوحة لإدارة المخاطر الاقتصادية ولضمان الغطاء الأرضي. إزالة بلورات الملح من السطح ميكانيكياً. استعادة التوازن عن طريق التعديلات الكيميائية (على سبيل المثال، الجبس أو حامض الكبريتيك) القيام بمعالجة البذور مسبقاً باستخدام كلوريد الصوديوم لتعزيز إنبات البذور. تقليل التبخر مع المهاد البلاستيكي أو بقايا المحاصيل. زراعة المحاصيل التي يمكنها امتصاص الرطوبة بشكل صحيح لتجنب رطوبة الأراضي لفترة طويلة. استخدام الأسمدة بعقلانية، حيث أن الإفراط في استخدام بعض المواد الكيميائية يؤدي إلى زيادة التملح. تحسين التربة باستخدام بعض المواد العضوية وغير العضوية، زراعة النباتات المتأقلمة مع الملوحة والقدرة على امتصاص كميات عالية من الأملاح. استخدام تقنية مغنطة الماء للتقليل من تأثير الأملاح. في هذه الدراسة سنقوم بتسليط الضوء على الدراسات الحديثة والتجارب العملية التي تدعم استخدام المغنطة كوسيلة فعّالة لتعزيز صحة وإنتاجية النباتات في ظل ظروف الملوحة المتفاوتة.

❖ المغنطة

1. مدخل:

المغنطة هي ظاهرة فيزيائية تتعلق بالخصائص المغناطيسية للمواد. وتمثل موضوعاً مهماً في الفيزياء والعلوم التطبيقية بشكل عام، حيث تلعب دوراً حيوياً في العديد من التطبيقات التقنية والصناعية، بدءاً من تطبيقات التخزين المغناطيسي في أقراص الكمبيوتر والهواتف الذكية، وصولاً إلى استخدامات في مجال الطب والطاقة والإلكترونيات. من التطبيقات المتداولة بشكل كبير خاصة في العقدين الأخيرين مغنطة الماء وتطبيقاتها الزراعية وخاصة مع المياه و التربة المالحة. مغنطة الماء موضوع يثير اهتمام العديد من الباحثين والعلماء في مجال الفيزياء والكيمياء. تمثل هذه الظاهرة تفاعلاً معقداً بين المغناطيسية والماء. تتنوع

أبحاث العلماء حول مغنطة الماء بين الاعتقاد في وجود خصائص مغناطيسية طفيفة في الماء، وبين الفرضيات التي تقترح أن الماء يمكن أن يتأثر بحقول مغناطيسية خارجية بشكل مؤقت. في هذا الجزء، سنحاول استكشاف الفهم الحالي لمغنطة الماء والتجارب التي تم إجراؤها لدراساتها والنتائج المتحصل عليها في الجال الفلاحي .

2. التفسير العلمي لتأثير الماء الممغنط:

أصبح تطبيق المغناطيسية، بما في ذلك المجال المغناطيسي (*Magnetic Fields (MF)* والمجال الكهرومغناطيسي (*Electromagnetic Fields (EMF)*)، اليوم بالفعل جزءاً من حياتنا اليومية عند استخدامها في تكنولوجيا الكمبيوتر، والاتصالات، والنقل، والتصوير الطبي والعلاجات وحتى في الآلات المنزلية. في أواخر القرن السابق وهذا القرن، كان هناك اهتمام متزايد بقبالية الاستخدام الزراعي للمغناطيسية.

ينشأ المجال المغناطيسي الأرضي (*GMF*) على سطح الأرض بشكل رئيسي من آلية الحركية الموجودة في الجزء الداخلي من الكرة الأرضية بسبب حركة الجزء الخارجي لمركز الأرض المكون من الحديد المنصهر والنيكل (*Glatzmaiers and Roberts, 1995*). متوسط *GMF* هو 5×10^{-5} تسلا ولكنه غير متماثل جغرافياً ومتغير بين 25 و $5 \mu T$. ولذلك فإن كل كائن حي على وجه الأرض موجود مغمور في مجال مغناطيسي (*MF*) (روبرتس، 2015) أثناء التطور، طورت الكائنات الحية المختلفة، بما في ذلك النباتات أيضاً، آلية مختلفة لاكتشاف *GMF* وتغيراته والاستجابة لها (*Galland and Pazur, 2005; Minorsky, 2007; Maffei, 2014*).

يوجد مؤخرًا عدد متزايد من الدراسات والمراجعات التي تثبت أن *MF* أو *EMF* يؤثر على عملية التمثيل الغذائي للنباتات ونموها وتطورها. تم تلخيص النتائج التي تم تحقيقها بشكل جيد في بعض المراجعات الأخيرة على معدل الإنبات، وقوة البذور، وكفاءة التمثيل الضوئي، واستيعاب النيتروجين وتثبيتته، وارتفاع النبات، وطول الجذر، ومساحة الورقة والكتلة الحيوية. قد يخفف من الضغوط اللاإحيائية، وبالتالي يكون قادرًا على التأثير على نمو وإنتاجية

المحاصيل المختلفة. تعتمد التأثيرات الفعلية للموجات المغناطيسية (MF) على خصائصها المطبقة، مثل وقت التعرض، والقطبية، والاتجاه، وكثافة الموجات (MF). علاوة على ذلك، تم أيضاً اكتشاف الاعتماد على الأنواع والنمط الوراثي في استجابات النباتات لموجات (MF). لدى MF تأثيرات شكلية أيضاً، والتي يمكن استخدامها في الظروف المختبرية.

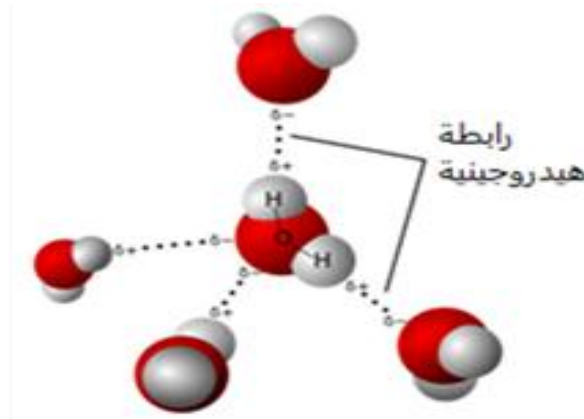
لمعالجة نمو النبات وتطوره في المختبر (Teixeira da Silva and Dobránszki 2015) في الدراسات المذكورة أعلاه، تم تطبيق إما MF أو EMF ثابت على النباتات أو أنسجتها أو أعضائها مباشرة. ومن الإمكانيات الخاصة والواعدة لتطبيق المغناطيسية في الزراعة استخدام الماء الممغنط (MW) عندما تتم معالجة مياه الري بالقوة المغناطيسية. في هذه الدراسة، تتم مناقشة آلية وآثار مغنطة الماء التي يتم إجراؤها باستخدام مغناطيس ثابت، بالإضافة إلى إمكانية تطبيقها ووجهات النظر، وذلك بالاعتماد بشكل مؤكد على أحدث نتائج البحوث الأساسية والتطبيقية على مدى العقد الماضي.

أ- التغيرات في خصائص الماء بسبب المغنطة

❖ آلية وأساسيات مغنطة الماء:

كيف يعمل المجال المغناطيسي على الماء عندما يتم مغنطة الماء، تعمل القوة المغناطيسية خارجياً على الماء لفترة من الوقت، عادةً في الممارسة العملية على المياه المتدفقة، باستخدام مغناطيس ثابت. إذا تم استخدام المغناطيس الكهربائي لمغنطة الماء فيجب أخذ تأثيرات القوة الكهربائية في الاعتبار، والتي قد تعدل تأثيرات الماء الممغنط، على الكائنات الحية (Mghaiouini et al. 2020a, 2020b) تعتمد المعالجة المغناطيسية للمياه على بنية جزيئات الماء وهندسة الشبكات المتكونة منها .

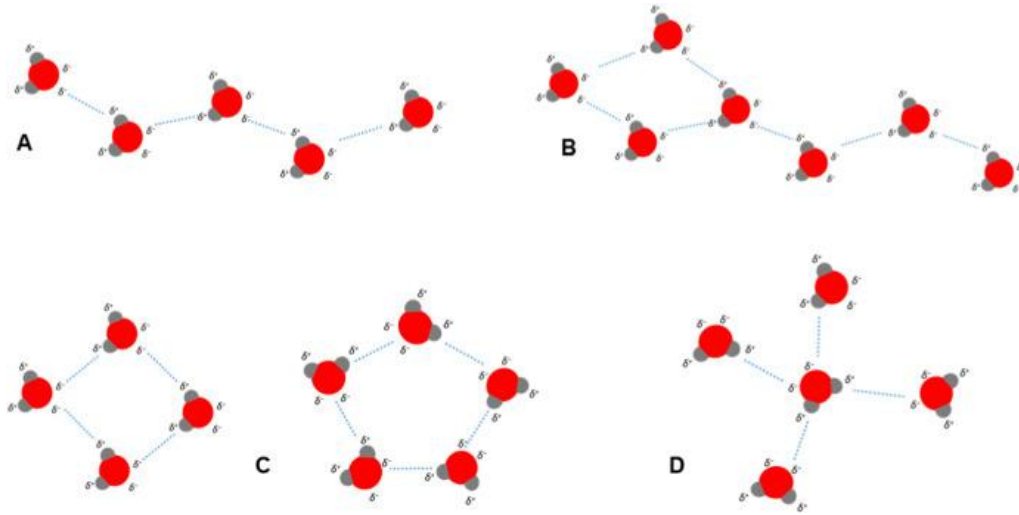
الماء هو أكسيد ثنائي الهيدروجين ذو طابع ثنائي القطب. تعتبر خاصية ثنائي القطب والبنية المنحنية لجزيء الماء بسبب التأثير التافر لزوجي الإلكترون الوحيدين لذرة الأكسجين، ضرورية للغاية في تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء .



رسم بياني 1 تمثيل للروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء

الشكل 18: تمثيل للروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء

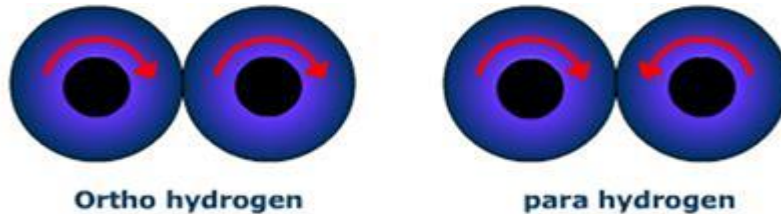
يمكن لزوج الإلكترون واحد لذرة الأكسجين أن يرتبط بذرة هيدروجين من جزيء ماء آخر، مما يسمح نظرياً لشكل رباعي السطوح بالتشكل حول كل ذرة أكسجين. ومع ذلك، استناداً إلى نظرية الأوتار الخاصة بالمياه (Ball، Wernet et al 2004)، يرتبط جزيء ماء واحد فقط بجزيئين آخرين، وبالتالي يتم تشكيل سلاسل أو حلقات. أي مجموعات ذات بنية رباعية السطوح هي ذات روابط هيدروجينية قوية والهياكل الخيطية هي أقل ارتباطاً بالهيدروجين (Ball 2008 ، Ludwig2001)



الشكل 19: رسم بياني لبعض التكوينات (البنية) الممكنة للجزيئات في الماء السائل

(A) حلقة أولاسو، (C) حلقة من عدد مختلف من الجزيئات، و(D) تكوين رباعي لسطوح تشير الدائرة الحمراء إلى ذرة الأكسجين بينما تشير الدائرة الرمادية إلى ذرات الهيدروجين في جزيء الماء -0 شحنة سالبة جزيئة، +0 : شحنة موجبة جزيئة، الخط الأزرق المتقطع رابطة هيدروجينية بين جزيئات الماء

يوجد جزيء الماء في اثنين من أيزومرات الدوران النووي، أيزومرات أورثو وبارا، حيث يمكن أن يكون الاتجاه النسبي للدوران النووي لذرتي الهيدروجين مختلفاً: متعاكس ($S = 0$) في الماء بارا أو في نفس الاتجاه ($S = 1$) في الماء أورثو (Kravchuk et al., 2011; Kilaj et al., 2018). تختلف تفاعلاتها الكيميائية بسبب اختلاف الطاقة والتشكل الجزيئي والحالة الجزيئية. استناداً إلى الحالات الدورانية المختلفة للأيزومرات بارا والأورثو، يختلف عدد الروابط الهيدروجينية التي يمكن تشكيلها بواسطة الأيزومرات المختلفة لجزيء الماء لأسباب تتعلق بكفاءة الطاقة (Kilaj et al., 2018).



الاتجاه النسبي للدوران النووي لذرتي الهيدروجين

الشكل 20: الاتجاه النسبي للدوران النووي لذرتي الهيدروجين

استجابة للمغنطة، تحدث تغيرات فيزيائية في الماء، أي أن توزيع وحالات جزيئات الماء تختلف بينما لا يتغير التركيب الجزيئي للمياه (Pang 2006) تم استخدام الجليد، وهو نظام نموذجي ذو روابط هيدروجينية، كنظام نموذجي لدراسة مغنطة الماء به (Pang 2006) وبناءً على ذلك، حددوا أن "التيار الجزيئي" باعتباره "مغناطيسياً صغيراً" يحدث في السلاسل الجزيئية المرتبطة بالهيدروجين المغلقة، حيث يحدث نقل البروتون، "تيار بروتون حلقي" استجابةً للمجال المغناطيسي الخارجي. وبالتالي ترتيب جزيئات الماء بطريقة منظمة. يغير MF الخارجي نسبة الأيزومرات بارا/اورثو في الماء السائل نحو تحويل الأيزومر مع نشاط فيزيائي وكيميائي أعلى. يعمل MF بشكل أساسي على التحويل البيني لأيزومرات الدوران النووي للماء، مما يؤدي إلى تسريع التحويل البيني نحو أيزومر أورثو (نسبة بارا إلى أورثو هي 3: 1) (Vaskina et al., 2020) يؤثر MF الخارجي بشكل مباشر على تكوين مجموعات من السلاسل الحلقية والخطية للجزيئات المرتبطة بالهيدروجين، والاستقطاب الذري لجزيئات الماء، ويزيد من عزم انتقال ثنائي القطب للإلكترونات داخل الجزيئات (Pang and Deng 2008)، وبالتالي قد يتم التحكم في تجميع وحجم المجموعات من جزيئات الماء بواسطة MF خارجي (Chang and Weng 2006) باستخدام نظام متدفق متداول بمعدل منخفض يبلغ 1 مللي ثا-1 وتحريض مغناطيسي قدره 0.5 تاسلا، أثبت أن طاقة التنشيط لجزيئات الماء تزداد عند تطبيق القوة الدافعة الخارجية، مما يؤثر على تكوين وإعادة توجيه الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء (Cai et al 2009) مع زيادة زمن المغنطة تزداد نسبة الجزيئات المرتبطة بالهيدروجين. وفي الوقت نفسه، تباطأت الحركة الدورانية لجزيئات الماء وأصبحت الروابط الهيدروجينية بين المجموعات أقوى.

قد يؤثر اتجاه الماء أو إعادة توجيهه المتأثر بالروابط الهيدروجينية على وظيفة المجمعات المعدنية، مثل مركب Co(II) (Su et al., 2021)، وبالتالي قد يكون ضرورياً بشكل أساسي في العمليات البيولوجية أيضاً. تنتشر إعادة توجيه المياه على نطاق واسع في العمليات البيولوجية للكائنات الحية وبصاحبها إعادة هيكلة الشبكة المبنية من الروابط الهيدروجينية

(Laage and Hynes, 2006). يتم تعديل ديناميكيات الكم للمياه عن طريق الماء اورثو وقد تؤثر الدورات النووية على التفاعلات الكيميائية (Fisher and Radzihovsky, 2018; White, 2020) وبالتالي، من الناحية النظرية يمكن الافتراض بأن غلبة الأيزومرات الأورثوية وبالتالي شبكة الروابط الهيدروجينية المتغيرة في الماء الممغنط قد تكون أحد الأسباب الأساسية التي تؤثر على العمليات الكيميائية الحيوية للنباتات.

ويعتمد تأثير المغنطة على البنية المائية على قوة وزمن التعرض للحث المغناطيسي، كما يعتمد على التدفق ودرجة حرارة الماء، و كذلك، في المحاليل المائية على محتوى المادة الذائبة في الماء أيضاً. تراوح الحث المغناطيسي المطبق في أغلب الأحيان بين 0.1 و 0.8 تاسلا (Lin and Yotvat, 1990; Pang and Deng, 2008; Cai et al., 2009; Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014)، وفي بعض الحالات وصلت القوة المطبقة أيضاً، حتى 10 تاسلا (Chang and Weng, 2006)

❖ التغيرات في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه الممغنطة

نظراً لأن اتجاه جزيئات الماء التي لها عزم ثنائي القطب يتغير تحت تأثير المجال المغناطيسي الخارجي، فهذا يعني أن الماء يتأثر مغناطيسياً. تؤدي المغنطة أيضاً إلى حدوث تعديلات في الخواص العيانية والفيزيائية والكيميائية للمياه بسبب التغيرات الفيزيائية التي حدثت. تعزى هذه التغييرات بشكل مباشر إلى الاستقطاب الذري، وتغيرات عزم ثنائي القطب الانتقالي، وتحول البنية للأيزومرات (الدوران النووي) نحو الأيزومر الأورثوي، مما يؤدي إلى تغييرات بنائية في الماء مع زيادة نسبة وحجم مجموعات الجزيئات وشبكات الجزيئات .

تغيرت درجات الغليان والتجمد والتوصيل الكهربائي وثابت العزل الكهربائي والموصلية المغناطيسية ومعامل الانتشار الذاتي للماء بعد مغنطته مقارنة بالمياه العادية

(Chang and Weng, 2006، Pang and Deng, 2008، Cai et al, 2009)

غير MF الخارجي بعض السمات البصرية للمياه. فهو يعزز امتصاص الماء في ضوء الأشعة فوق البنفسجية، ومع زيادة وقت التعرض تزداد شدة الامتصاص. يزداد امتصاص الأشعة تحت الحمراء مع وقت التعرض وقوة المجال المغناطيسي (Pang and Deng, 2008). زادت اللزوجة بينما انخفض التوتر السطحي مع تغير البنية العنقودية للمياه استجابةً لل (Chang and Weng, 2006; Pang and Deng, 2008; Cai et al., 2009) ، مع انخفاض الطاقة الجزيئية في الماء الممغنط مع زيادة زمن المغنطة، زادت طاقة التنشيط لجزيئات الماء (Cai et al., 2009).

❖ ميزات المياه الممغنطة التي تعتبر مهمة من الناحية العملية:

عند تطبيق المياه الممغنطة عملياً، على سبيل المثال في الزراعة، علينا أن نأخذ في الاعتبار بعض ميزات المستمدة من آلية مغنطة المياه والتي تحدد قابليتها للاستخدام الفعال. هذه الميزات الرئيسية هي التشبع والذاكرة وتأثير درجة الحرارة.

- **التشبع:** تأثير التشبع لمغنطة الماء يعني أن مغنطة الماء يمكن أن تصل إلى الحد الأقصى عندما يتعرض الماء إلى MF ثابت، أي أن هناك حداً أعلى للمغنطة. يعتمد هذا المستوى الأقصى على كل من قوة ووقت تعرض الماء لل MF ، ولكن بعد الوصول إلى هذا المستوى الأقصى، لا يمكن تحقيق المزيد من التغييرات في خصائص الماء الممغنط عن طريق المزيد من المعالجة المغناطيسية (Deng and Pang 2007، Pang and Deng, 2008). وبالنظر إلى آلية مغنطة الماء، فإن تأثير التشبع هذا هو خاصية بديهية للمياه الممغنطة.

- **الذاكرة:** أظهرت الدراسات (Pang, 2006; Pang and Deng, 2008) أن الماء الممغنط يحافظ على الخواص الفيزيائية والكيميائية التي أثارها MF لفترة من الوقت حتى بعد إزالة MF. ويتميز هذا الماء بقدرته على تخزين الطاقة المغناطيسية بشكل مؤقت وهو ما يسمى بتأثير الذاكرة MW. الخصائص التي أثارها MF تختفي تدريجياً. تعتمد مدة تأثير الذاكرة على شدة MF المطبقة، فكلما زادت شدة MF، زاد وقت الذاكرة. عندما تم زيادة MF

المطبق على ماء بدرجة حرارة 25 درجة مئوية من 600 غاوس إلى 4000 غاوس، زادت فترة ذاكرة MW من 35 دقيقة إلى 60 دقيقة (Pang and Deng، 2008)

- ارتفاع درجة الحرارة: هو "عدو" مغنطة الماء، كما يتجلى ذلك عندما ننظر إلى الآلية التي تؤدي إلى مغنطة الماء. إن التأثير الفوضوي لارتفاع درجة الحرارة على جزيئات الماء يتعارض مع التأثير المغناطيسي الذي يعزز تكوين النظام المغناطيسي وبالتالي التجمع. مع زيادة درجة الحرارة، ومع زيادة الطاقة الحرارية والاهتزازات غير الخطية لجزيئات الماء، وبالتالي زيادة طاقتها الحركية، يتناقص عدد ونسبة التجمعات المرتبطة بالهيدروجين في السائل. أظهرت الدراسات التجريبية أنه مع كل زيادة بمقدار 10 درجات مئوية، انخفضت قوة المغنطة بنسبة 5-8% (Pang، 2006، Pang and Deng، 2008، Cai et al.، 2009، Mghaiouini et al.، 2020a).

في حالة المحاليل المائية، فإن المواد الذائبة (الأيونات، الغرويات) في الماء تؤثر أيضاً على التغيرات الهيكلية الناتجة عن المغنطة. هذه الحقيقة مهمة جداً عندما يتعلق الأمر بالتطبيق العملي لمغنطة الماء MW، لأننا في الواقع نعمل دائماً مع المحاليل المائية. يؤدي المصدر المتنوع للمياه إلى محتوى مختلف من المواد الذائبة وبالتالي إلى مستويات مختلفة من المغنطة ويمكن أن يؤثر على التأثيرات البيولوجية التي يمكن تحقيقها في النباتات (Lin and Yotvat، 1990).

ب- الإنجازات والتطبيقات الحالية للمياه الممغنطة

❖ تعديل نمو النبات وتطوره:

تم الإبلاغ عن العديد من الآثار المفيدة والسلبية للري بالماء الممغنط على النباتات. يعتمد نمو النبات والاستجابات التنموية لـ MW على الأنواع وحتى على الأصناف، كما ذكر سابقاً وهو ما أكدته نتائج الأبحاث الحديثة كما تم تلخيصها في الجدول 3. وبالمثل، فإن قوة ووقت التعرض للموجات المغناطيسية المطبقة على الماء وجودته، وخاصة المحتوى الأيوني للمياه، يؤثر على تأثيرات الماء الممغنط على النباتات (الجدول 3، الجدول 4). وقد ظهر

التأثير الأولي لـ MW على إنبات البذور ونمو البادرات وحتى على المحصول في العديد من أنواع النباتات مما أدى إلى إنبات سريع وموحد وزيادة النشاط وتعزيز النمو وتحسين الإنتاج (الجدول 3). يمكن تحسين النمو لأنواع النباتات المختلفة، مثل طول البراعم والجذور وعدد ومساحة الأوراق والكتلة الحيوية (الوزن الطازج والجاف) (الجدول 3). تمت دراسة سلسلة من العمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية والتمثيل الغذائي للنبات استجابة للري بالماء الممغنط وثبت تأثيرها بالمغنطة. يؤثر الري بالماء الممغنط على نظام مضادات الأكسدة في النباتات مما يؤدي إلى تقليل إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (الجدول 3، الجدول 4) (Azimi et al., 2018، Sutyanti and Rachmawati, 2021).

يمكن زيادة محتوى الكلوروفيل (الكلوروفيل أ والكلوروفيل ب ومحتوى الكاروتينويد) في النباتات. تم تحسين نشاط التمثيل الضوئي، وتوصيل الثغور، وحتى تركيز ثاني أكسيد الكربون داخل الخلايا (الجدول 3، الجدول 4). ولكن في بعض الحالات تم اكتشاف انخفاض في محتوى الكلوروفيل (Mostafa, 2020). إلى جانب تعزيز امتصاص بعض العناصر الغذائية N، P، K، Ca، Mg، Fe، Zn يمكن أن تؤثر MW على توزيعها أيضاً. تم تغيير امتصاص النيتروجين وتوزيعه داخل النباتات استجابة للري بـ MW في الحور الكندي ((Populus x euramericana)) زاد إجمالي امتصاص النيتروجين للنباتات وكان امتصاص الأمونيوم-N- ومحتواه أعلى في الأوراق منه في الجذور (الجدول 4) (Liu et al., 2019a, 2019b) عندما تم دمج MW مع المنشطات الحيوية الأخرى، مثل الأسمدة الكيميائية أو الحيوية، أو الفطريات الجذرية (فطريات متعايشة)، يمكن تعزيز تأثيرها الأساسي على نمو النبات وتطوره في أنواع نباتية مختلفة (الجدول 3)، (Shabani et al., 2019; Ali et al. 2019a, 2019b; Mostafa, 2020; Al-Mana et al., 2021) ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن الإفراط في امتصاص بعض العناصر الدقيقة، مثل المعادن الثقيلة، قد يكون له بعض الآثار الضارة (الجدول 4)، (Mohrazi et al. 2021a, 2021b; Hu et al., 2022).

جدول 3: تأثير MW على عملية التمثيل الغذائي ونمو وتطور النباتات. تم معالجة مياه الشرب بالمغنطة ما لم يُذكر خلاف ذلك".

المرجع	استجابة النبات	طريقة المغنطة	النبات
Noor et al. (2016)	MW خفض زمن إنبات البذور من 3.72 إلى 2.92 يوم، زادت طاقة الإنبات من 75% إلى 95% وكذلك مؤشر الإنبات من 4.32 إلى 5.38 ونسبة الإنبات النهائية من 92% إلى 100% وطول الشتلة من 2.91 إلى 3.18 سم. تمت زيادة إجمالي السكريات القابلة للذوبان من 67.83 مليغرام في كل غرام من الوزن الجاف إلى 112.46 مليغرام في كل غرام من الوزن الجاف. تضاعف نشاط α -amylase تقريبًا من 35.230 وحدة دولية ملغ من البروتين إلى 65.380 وحدة دولية ملغ من البروتين	الجهاز: خطان من 26 مغناطيسًا للمغناطيسية MF: 88-211 ملي تسلا (على طول الخط المركزي)	البازلاء (بيسوم ساتيفوم (L.))
.Babaloo et al (2018)	زاد إنبات البذور بنسبة 8.34% استجابة للماء الممغنط. علاوة على ذلك، زاد ارتفاع النبات وطول الجذر في المتوسط بـ 2.4 سم و 1 سم على التوالي، وكذلك مساحة الورقة بـ 102.67 مم ² . زاد الماء الممغنط (MW) من محتوى اليخضور أ واليخضور ب والكاروتينويدات أيضًا، حيث كانت الزيادة بمقدار 0.008، 0.002، و 1.07 ملغ/غ -1 من الوزن الطازج	جهاز MF 110 ملي تسلا تم إنتاجه بواسطة شركة الإيرانيين للتكنولوجيا والأبحاث.	أرز أوريزا ساتيفا هاشمي

	على التوالي. كما زاد إجمالي الكربوهيدرات المتاحة ومحتوى البروتين الكلي في الأوراق بمقدار 2.06 ميكروغرام/غ -1 (FW) من الوزن الطازج و 0.129 ميكروغرام/غ -1 FW على التوالي".		
Shabani et al. (2019)	تم التحقق من كفاءة استخدام P باستخدام المحلول الممغنط ل $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ بتركيز 0 و 5 و 10 و 20 و 40 ملغم للتر تم تحقيق أعلى كفاءة في استخدام الـ P (أعلى بنسبة 18.9% مما كانت عليه في الشاهد). زاد عدد الأوراق ومساحة الورقة ومؤشر الحصاد استجابة لمغنطة المحلول وكذلك محتوى الكلوروفيل أ والكلوروفيل ب	تم معالجة محاليل $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ باستخدام الفلتر المغناطيسية (MF) بمجال مغناطيسي قوته 110 ميلي تسلا (mT) وبمعدل تدفق 3 ديسي متر مكعب في الدقيقة الواحدة ($dm^3 \text{ min}^{-1}$).	الريحان الحلو (<i>Ocimum basilicum L. cv. Mobarakeh</i>)
.Alattar et al (2019)	تم زيادة طول الشتلات وسمك الساق وعدد الأوراق باستخدام الماء الممغنط. تم تعديل مورفولوجيا الأوراق كذلك	المغناطيس الحلقي للمغناطيس MF: 125mT تم إعادة تمرير الماء 7 مرات عبر القمع.	الذرة زياميس (L.)
Mostafa (2020)	عندما تم إضافة MW مع الأسمدة المطبقة بعد المغنطة، زادت إنتاجية البطاطس بنسبة 40.5% مقارنة بالشاهد وكذلك ارتفاع النبات (بنسبة 24.66%) وعدد الأوراق (بنسبة 21.7%). وبالمثل، في المعاملة المشتركة، تم تطوير معظم وأكبر الدرناات (مع الأخذ في الاعتبار طول وعرض وسمك الدرناات). ومع ذلك، قبل الحصاد كان محتوى الكلوروفيل هو الأدنى استجابةً MW والمعاملات المشتركة.	المغناطيس الدائم MF: 0.16 T	البطاطس (<i>Solanum tuberosum L. Spunta</i>)

Alkhatib et al. 2020	<p>زاد طول السوق، وطول الجذور، والوزن الجاف للسوق والجذور بعد مغنطة الماء المقطر. كانت الاتجاهات مشابهة أيضاً بالنسبة لمعدل البناء الضوئي ومحتوى البروتين، ولكن لم يثبت أن الفروقات كانت ذات دلالة إحصائية وإذا تمت معالجة مياه الشرب بالمغناطيس زادت من محتوى الكربوهيدرات الكلي. كما تسبب الري بمياه الصنبور، سواء كانت معالجة بالمغناطيس أم لم تكن، في تشوه الكلوروبلاستات وتضرر أعشبية الثيلاكويد.</p>	<p>تم مغنطة نوعين من الماء: الماء المقطر وماء الشرب. MF: 0.07 تاسلا</p>	<p><i>Tobacco</i> (<i>Nicotiana tabacum</i> L. var. <i>Turkish</i>)</p>
Alattar et al. 2021	<p>كان طول الساق وسمك الساق متحيزا ولكن ليس بشكل معنوي إحصائيا بينما تأثر عدد الأوراق معنويا بالماء الممغنط. تعتمد تأثيرات MW على عدد المغناطيسات، كان طول النبتة وعدد الأوراق هو الأعلى بعد استخدام 6 مغناطيسات، في حين كان سمك الجذع هو الأعلى عند استخدام 9 مغناطيس.</p>	<p>3 معالجات: تم استخدام 3 أو 6 أو 9 مغناطيسات نيوديميوم بيضاوية الشكل مطلية بالنيكل (30 مم × 15 مم) لمغنطة الماء، كان لكل منهما قوة MF تبلغ 70 ملي تسلا</p>	<p><i>chilli pepper</i> (<i>Capsicum annuum</i> L.) اللفل الحار</p>

الجدول 4: تأثير المغنطة على خواص الماء والتربة ونمو النبات وتطوره عند استخدام المياه

المالحة

مراجع	الاستجابات لخصائص التربة والمياه ونمو النبات وتطوره	النبات	طريقة المغنطة	نوع وخصائص المياه
Surendran .et al (2016)	<p>النبات: تحسنت مؤشرات النمو (ارتفاع النبات، وزن البزاعم والجذور والمحصول) استجابة لمغنطة مياه الري، وكانت أعلى بشكل ملحوظ عند معالجة المياه المجهدة والمالحة باستخدام MF مقارنة بمياه الري العادية التربة: إذا تم استخدام MF لمياه الري، فإن الانخفاض في رطوبة سطح التربة بين اليوم الثالث والأول كان أقل منه بعد استخدام المياه غير الممغنطة. زادت رطوبة التربة على السطح بعد الري بالمياه الممغنطة في جميع أنواع المياه (المحالي).</p> <p>الماء: أدت المغنطة إلى زيادة الرقم الهيدروجيني لجميع أنواع المياه بشكل ملحوظ، في المياه المالحة، اعتماداً على مستوى الملوحة من 6.0 - 6.1 إلى 6.4-7.0، في الماء العسر (المجهد) من 3.52 - 4.0 إلى 4.52 - 5.0، بينما في الماء العادي من 6.5 إلى 7.70. على العكس من ذلك، انخفضت التوصيلية الكهربائية في جميع أنواع المياه بعد مغنطتها. استمر هذا التأثير لمغنطة الماء لمدة 108 ساعات. انخفض إجمالي المحتوى الصلب الذائب بعد المغنطة وكذلك محتوى الكالسيوم والصوديوم في المياه المجهدة والمالحة.</p>	(اللويبا unguiculata (L.) Walp.)	MF: -1800 2000 غاوس، (2 مغناطيس SrO6Fe ₂ O 3 بطول 120 مم وعرض 130 مم ومسافة 30 مم بينهما.) تدفق المياه: بين المغناطيسين في دورة واحدة لمدة 10 دقائق، معدل التدفق 2 لتر/ثا	الماء العادي الماء المالح: 500، 1000 و 2000 جزء في المليون كلوريد الصوديوم الماء العسر: 150 و 300 جزء في المليون كربونات الكالسيوم

	<p>يختلف التركيب البلوري لكريونات الكالسيوم في الماء العسر استجابة للمغنطة، تم تشكيل إبر الأراغونيت الأطول من تلك الموجودة في الماء العسر غير الممغنط وفقاً لدراسات SEM.</p>			
Abedinpo ur and Rohani (2017)	<p>نبات: حدث إنبات البذور قبل يوم أو يومين بعد معالجة MW في جميع مستويات الملوحة، وكان معدل الإنبات أعلى) كان 70 % مقارنة بـ 40% من الشاهد في عند S4.</p> <p>الري بالماء الممغنط (MW) حسن مؤشر كفاءة الاستخدام (ERI) عند جميع مستويات الملوحة، حيث ارتفع إلى 10.2، 11.1، 13.3، و 13.3 في المستويات S1، S2، S3، و S4 على التوالي مقارنة بالمجموعة الضابطة التي كانت 7.6، 9.1، 10.3، و 11.8 على التوالي. كما أن معالجة MW خفضت متوسط وقت الإنبات (MET) من 5.7 إلى 5.3، ومن 6.6 إلى 5.9، ومن 8.3 إلى 7.6، ومن 8.4 إلى 7.2 للمستويات S1، S2، S3، و S4 على التوالي.</p> <p>كانت الشتلات البالغة من العمر 15 يوماً أعلى وزناً وكان وزنها الطازج (FW) قد زاد بنسبة 7.2%، 1.85%، 1.68% و 2.48% على التوالي، ووزنها الجاف (DW) قد زاد بنسبة</p>	الذرة (زيا ميس (L	MF :1500 ملي تسلا، 5 دورات، مع معدل تدفق مياه يبلغ 3 لتر دقيقة ⁻¹ ، (مغناطيس نيوديميوم بطول 45 مم وارتفاع 5 مم وعرض 35 مم، 4 أزواج، بمسافة 25 مم بين الأزواج	الماء المستخدم في التجربة كان له مستويات مختلفة من الملوحة، وتم تصنيف هذه المستويات كالتالي: S1 تمثل ماء الشرب وكانت ملوحته 0.5 ديسيمنز لكل متر (dS m ⁻¹) S2 ملوحة الماء في هذه الحالة كانت 2 ديسي سيمنس لكل متر. S3 ملوحة الماء في هذه الحالة كانت 4 ديسي سيمنس لكل متر. S4: ملوحة الماء في هذه الحالة كانت 6 ديسي سيمنس لكل متر.

	<p>13.95%، 10.61%، 9.76% و9.33% على التوالي عند جميع مستويات الملوحة (S1، S2، S3، S4) عندما تم ريها بالماء الممغنط (MW).</p> <p>انخفضت درجة حموضة التربة (pH) بعد الري بالماء الممغنط بشكل طفيف اعتماداً على مستوى الملوحة، ولكن التوصيل الكهربائي (EC) زاد. كما زاد الماء الممغنط من محتوى التربة من النيتروجين (N) والفسفور (P) المتاح.</p>			
Kareem (2018)	<p>نبات: زاد إنتاج المحاصيل التي تم فحصها (إلى 34.05 طن/هكتار من 23.23 طن/هكتار، إلى 6.92 طن/هكتار من 4.25 طن/هكتار، وإلى 77.5 طن/هكتار من 50.76 طن/هكتار، في الباذنجان والفول والطماطم على التوالي) وكذلك وزن الثمرة وعدد ثمرات الباذنجان.</p> <p>في الباذنجان، زادت محتويات الكربوهيدرات البروتين والنيتروجين أيضاً.</p> <p>في الفول البلدي، زاد عدد القرون ووزن الجذر والعقد الجذرية لكل نبات، وتحسنت جودة المحصول وزاد إجمالي الفسفور في البذور بشكل ملحوظ.</p> <p>في الطماطم، زاد محتوى الكربوهيدرات والبروتين في الثمار وانخفضت الحموضة.</p>	<p>الباذنجان (<i>Solanum lipgena L. cv. Florida High Bush</i>) فول فابا (<i>Vicia faba L. cv. Isban</i>) طماطم (<i>Solanum lycopersicon L. cv. Logaen</i>)</p>	<p>لم يتم وصف تفاصيل جهاز المغنطة، طريقة الري بالتنقيط</p>	<p>SW: 700 ملغ / ل من Na⁺</p>

	التربة: انخفض الرقم الهيدروجيني للتربة عند الري بـ (MW) .			
Hassen et al. (2020)	مغنطة مياه الري المالحة على النبات قلل من الآثار الضارة، حيث تحسن انخفاض محصول الحبوب من 66.12% إلى 25.96% ومن 87.68% إلى 69.30% عند مستويات الملوحة 3000 جزء في المليون و 6000 جزء في المليون على التوالي. وبالمثل، زادت مغنطة المياه المالحة من الوزن الطازج والجاف، وعدد الحبوب، ووزن الحبوب، وعدد وطول ووزن السنبل، ومساحة الورقة. تم إثبات ذلك باستخدام نمذجة الشبكات البايزية (نظرية إحصائية)، حيث أثرت المغنطة بشكل إيجابي على معايير النمو والمحصول المدروس للقمح عند أي مستوى من مستويات الملوحة التي تم دراستها	القمح (لم يتم وصف النوع الدقيق)	لم يتم وصف تفاصيل المغنطة	3 مستويات للملوحة: 320، 3000 و 6000 جزء في المليون، مكونات خليط الملح: 10% من $MgSO_4$ ، 1% من $CaSO_4$ ، 78% من $NaCl$ ، 2% من $MgCl_2$ و 9% من $CaCO_3$
Hozayn et al. (2021)	نبات: تأثير مغنطة المياه المالحة عند أي مستوى من مستويات الملوحة خفف من الآثار الضارة للمياه المالحة على محصول الحبوب، حيث اعتمد تأثير التخفيف على مستوى الملوحة وتراوح بين 12.97% و 16.06%. يمكن اكتشاف تأثير مشابه لتخفيف الإجهاد الملحي بواسطة الماء الممغنط على جميع معايير النمو المقاسة (طول النبات، عدد الأوراق، الوزن الطازج والجاف للبراعم) وعلى محتوى الأصبغ الضوئية (الكوروفيل أ وب والكاروتينويدات).	الشعير (<i>Hordeum vulgare L</i>)	وحدة مغناطيسية ثابتة، القطر: 0.5 بوصة، MF: 0.35 T	5 مستويات للملوحة: 320، 2000، 4000، 6000 و 8000 جزء في المليون

<u>Alavi et al. (2021)</u>	<p>نبات: تم قياس امتصاص المغذيات باستخدام وسائط نمو مختلفة: قشور جوز الهند، فواضل النخيل، قشور جوز الهند + البيرلايت (البيرلايت عبارة عن حبيبات صغيرة بيضاء رمادية خفيفة مصنوع من الزجاج البركاني ويتراوح قطر حبيباتها من 1، 5 - 3 ملم ولها القدرة على الاحتفاظ بالماء بما يعادل 3-4 مرات قدر وزنها)، النخيل + البيرلايت. تمت زيادة امتصاص N و Fe من المياه المالحة الممغنطة (300 ملي تسلا) (80 ملي مول كلوريد الصوديوم)، ومن وسط المغذيات لقشور جوز الهند، وكذلك امتصاص P و K عندما كان MF 200 ملي تسلا. زاد امتصاص المغنيسيوم من وسط مغذيات النخيل بعد مغنطة الماء المالح البالغ 80 ملي مول كلوريد الصوديوم بـ MF بمقدار 200 ملي تسلا. أدت المغنطة باستخدام MF 300 طن متري من المياه المالحة مع 120 ملي مول كلوريد الصوديوم إلى زيادة امتصاص الكالسيوم والزنك من الوسائط المغذية للنخيل + البيرلايت والكوكو + البيرلايت، على التوالي.</p>	<p>النعناع (منثا) × ببيريوتا</p>	<p>MF: 0، 100، 200 and 300 mT بالتناوب (لمدة 5 دقائق)</p>	<p>مستويات الملوحة: المجموعة الشاهدة، 40، 80، 120 ملي مول كلوريد الصوديوم (NaCl)</p>
----------------------------	---	--------------------------------------	---	--

❖ تخفيف بعض الأضرار في نمو وإنتاجية النباتات:

تم الإبلاغ عن أنه يمكن تخفيف بعض الأضرار في نمو وإنتاجية النباتات الناجمة عن الضغوط اللاأحيائية المختلفة عن طريق استخدام MW. يمكن أن يكون هذا التأثير المخفف MW مفيداً بشكل خاص في حالة الضغوط اللاأحيائية التي تفاقمت بسبب تغير المناخ. قد يكون تأثير تخفيف الإجهاد لـ MW مرتبطاً بتأثيره على نظام مضادات الأكسدة. في العدس (Azimi et al. (2018) *Lens culinaris Medik*)، اكتشف أنه بعد معالجة MW عند 110 mT تغيرت أنشطة الإنزيمات في مسار الجلوتاثيون-أسكورات المضاد للأكسدة بشكل ملحوظ، زاد نشاط بيروكسيداز الأسكورات (APX) بينما انخفض نشاط إنزيم ديسموتاز الفائق أكسيد (SOD) في تجارب Hu et al (2022). نشاط إنزيمات الأسكورات بيروكسيداز (APX)، والسوبروكسيد ديسموتاز (SOD)، والكاتالاز (CAT) زاد في أوراق نبات الفستوك القصبية (*Festuca arundinacea Schred.*) بنسب قدرها 64.1%، 22.0%، و21.5% على التوالي، بينما انخفض محتوى المألون دي الدهيد (*malondialdehyde*) (يُعرف مستوى المألونديالدهيد عموماً بأنه علامة على الإجهاد التأكسدي) بنسبة 25.6% استجابة على التأثيرات (MW).

وصف Sutyanti and Rachmawati (2021) استجابة نظام مضادات الأكسدة في الأرز (Oryza sativa L. cvs. IR64 and Inpari 35)، أيضاً، حيث اكتشفوا الانخفاض في محتويات الأنتوسيانين والمألونديالدهيد و H₂O₂ و SOD بعد مغنطة مياه البحر. جفاف: في تجارب حسن وآخرون. (2019، 2020) تم تعرض نوعين من المورينغا *Moringa oleifera Lam.* و *Moringa peregrina (Forssk.) Fiori* للجفاف وتم ريهما بواسطة MW مع تحريض مغناطيسي قدره Gs300، أو 30 mT تم تطبيق إجهاد الجفاف بمستويات مختلفة من الرطوبة الأرضية بنسبة 50% (إجهاد خفيف) و20% (إجهاد شديد) من السعة الحقلية ومقارنتها بالشاهد الذي يمتلك 100% من السعة الحقلية (يعرض للإجهاد). تم ري النباتات إما بالمياه العادية (كعنصر شاهد) أو بالمياه المعالجة MW، على

التوالي. تسبب إجهاد الجفاف في انخفاض مؤشرات النمو (ارتفاع النبات، عدد الوريقات، طول العقد الداخلية)، والتي يمكن تحسينها بشكل ملحوظ عند استخدام MW أدى الري بـ MW إلى زيادة الوزن الرطب والجاف ومساحة الأوراق أيضاً. بلغ الوزن الرطب والجاف للجذور والأوراق بعد الري MW وتحت إجهاد خفيف مستوى الشاهد، أي النباتات غير المجهد، في حين تجاوز الوزن الطازج للأوراق مستويات الشاهد. كانت محتويات الكلوروفيل (الكلوروفيل أ و ب) تحت إجهاد خفيف هي نفسها أو أعلى مقارنة بالنباتات غير المجهدة المروية بالماء العادي. تحت ظروف الإجهاد الشديدة، تمكنت MW من تحسين الأوزان الطازجة والجافة للبراعم والأوراق وكان محتوى الكاروتينويد هو نفسه الموجود في النباتات غير المجهد. أدى الجفاف إلى انخفاض المحتوى المائي النسبي للنباتات (RWC)، بينما تمكنت معالجة MW من استعادته. علاوة على ذلك، تحسن كفاءة استخدام الماء ونقص الضغط المائي وزادت معدلات الاستيعاب والنتج وموصلية الثغور. كما تم اكتشاف زيادة في محتوى الكلوروفيل أ والكلوروفيل ب، وبالتالي توقف الإصابة بظاهرة التورد (chlorosis) وتحسين معدل التمثيل الضوئي بعد الري MW أثرت MW على المحتوى الأيوني للأوراق والبراعم والجذور، كما أدت إلى زيادة نسبة K^+ على Na^+ فيها بسبب انخفاض تراكم Na^+ .

الإجهاد الملحي: نظراً لأن المغنطة تؤثر على روابط الهيدروجين في محلول مائي (Chang and Weng، 2006، Cai et al.، 2009) بموجب هذا، فمن المتوقع أن تؤدي معالجة المياه المالحة باستخدام MF إلى حدوث تغييرات فيها مما يؤثر على جودتها. كما هو متوقع، نظراً لأن المغنطة تسبب تغييرات في الروابط الهيدروجينية، تحدث زيادة في حركة الأيونات المختلفة وبالتالي قابلية ذوبان الأملاح المختلفة، بالإضافة إلى تعزيز ترسيب المواد الإلكترونية والغرويات (Lin and Yotvat 1990، Surendran et al 2016) تدعم الدراسات التي أجريت على مغنطة المياه المالحة والمياه المجهد (العسرة) هذا التوقع النظري وقد تم تلخيصها في الجدول 4. ارتفع الرقم الهيدروجيني للماء المغنط بينما انخفضت موصليته

الكهربائية وكذلك انخفض مستوى ملوحته. كما لوحظ انخفاض في إجمالي المواد الصلبة الذائبة.

إن توفر مياه البحر غير محدود عمليا من حيث الطلب الزراعي، على اعتبار أن توفر مياه البحر يبلغ حوالي 97% من المخزون المائي على الأرض. ومع ذلك، لا يمكن استخدامه مباشرة للري بسبب محتواه العالي من الملوحة. ونظراً لأن مغنطة المياه قادرة على خفض نسبة ملوحته، فقد يتبادر إلى الأذهان فكرة استخدام مياه البحر الممغنطة لري الحقول الزراعية كحل بديل لمعالجة النقص في المياه العذبة، وهي مشكلة متزايدة بسبب تغير المناخ. استخدم Sutiyanti و Rachmawati (2020) بنجاح مزيج مياه البحر الممغنطة والمياه العذبة (مستويات الملوحة 0 و 10 ديسيسيمنز م⁻¹) لري أصناف الأرز

(*Oryza sativa* L. cvs. IR64 و Inpari 35) وباستخدام مزيج مياه البحر الممغنطة والمياه العذبة، زاد ارتفاع النبات وكذلك محتوى الكلوروفيل والكاروتينويد في النباتات وتجاوز قيم نباتات المقارنة في كلا الصنفين وفي جميع مستويات الملوحة. علاوة على ذلك، تم زيادة الوزن الطازج والجاف للنباتات بعد استخدام مياه البحر الممغنطة. إذا زادت دورات المعالجة المغناطيسية من 1 إلى 3 دورات، زادت معايير النمو لكلا الصنفين بشكل أكبر حيث انخفضت ملوحة الماء أكثر فأكثر بعد المزيد والمزيد من دورات المغنطة (Sutiyanti and Rachmawati، 2021). وبالمثل، تم تطبيق مياه البحر المخففة والممغنطة بنجاح لري خشب الورد في شمال الهند (*Dalbergia sissoo Roxb.*) ، (Sarhan et al., 2021) يمكن لشتلات خشب الورد أن تتحمل مستوى الملوحة العالي (4000 ملجم لتر) محضرة من مياه البحر (35000 ملجم لتر⁻¹ من البحر الأبيض المتوسط). أدى تطبيق مغنطة الماء (250 ملي تسلا، شركة ماجنتيك تكنولوجيز المحدودة، ألمانيا) والأسمدة الحيوية (خليط من البكتيريا الزرقاء) إلى تحسين كل من معايير النمو (الارتفاع، وقطر الساق، ومساحة الورقة، وطول الجذر، والأوزان الطازجة والجافة للشتلات) والمكونات الكيميائية. محتوى الكلوروفيل والكربوهيدرات والبرولين، N، P، K بينما انخفض محتوى الصوديوم داخل النبات.

إجهاد المعادن الثقيلة: تؤدي زيادة التطوير والنشاط الصناعي والتعديني بشكل متزايد إلى تلوث التربة والمياه بالمعادن الثقيلة. تمت مغنطة المياه الملوثة بالنحاس MF: 0.21 T ، معدل التدفق: 0.66 لتر/دقيقة-1 واستخدمت في الري في تجارب (Mohrazi et al. (2021) لدراسة تأثيره في نمو وإنتاج الذرة الصفراء (*Zea mays L. cv. 89MAY70*). تمت زيادة الوزن الطازج لبراعم الذرة والكتلة الحيوية تشير النتائج إلى أن وزن النباتات الطازجة وكمية الكتلة النباتية زادت عندما تم ري النباتات بمياه مغنطة في تربة ملوثة بالنحاس بمعدل يصل إلى 180 ملغ/كغ. كما زادت محتوى النحاس في أنسجة النباتات أيضًا. ولكن، تقلصت كفاءة الانتقال، أي كمية النحاس التي يتم امتصاصها من الجذور إلى السوق. عند إضافة الفحم البني إلى التربة، انخفض تركيز النحاس في الجذور. كمية النحاس التي يتم امتصاصها من الجذور بالنسبة لوزنها الجاف، زادت بنسبة 12% عندما تم ري النباتات بمياه ملوثة بكبريتات النحاس. ومع ذلك، فإن محتوى النحاس في الأجزاء الخضرية للنباتات لم يزد عند استخدام المياه المعالجة بالمغنطة .

عندما يتم ري الذرة المنتجة في التربة الجيرية بمياه مغنطة ملوثة بالزنك (Zn) تصل إلى 1200 ملجم كجم-1 زنك، أدت MW إلى تحسين امتصاص الزنك وزيادة المادة الجافة (Mohrazi et al. (2021a) أدى الري باستخدام MW بقيمة 100 ملي تسلا، ثلاث مرات خلال 10 ثوانٍ، بمعدل تدفق ثابت قدره 5 مل ثانية-1 إلى زيادة كبيرة في الوزن الجاف لـ *Festuca arundinacea Schred* بمعدل نمو 13.6% و 52.8% على التوالي مقارنة بالري بالمياه غير المغنطة. وبذلك زادت إزالة الكاديوم من التربة بنسبة 109.7%. مع زيادة محتوى الفيريتين في الأوراق بنسبة 91.3%، زادت قدرة النبات الفستوكا على احتجاز الحديد وإزالة السموم منه أيضًا، عند الري بواسطة MW ، مما يؤدي إلى إفراز كمية أقل من الحديد بنسبة 38.1% (Hu et al., 2022) .

❖ توفير مياه الري من خلال زيادة إنتاجية المياه:

إنتاجية المياه تعني إجمالي كمية المياه اللازمة لتحقيق عائد معين. هناك بعض التحقيقات التي تمت فيها دراسة تأثير MW على إنتاجية المياه في أنواع نباتية (Maheshwari and Grewal, 2009; Sadeghipour and Aghaei, 2013; Kareem, 2018). وبناء على ذلك، تمكنت MW من زيادة إنتاجية المياه لـ 6 من أصل 7 أنواع نباتية تم فحصها، إلا أنها تراوحت بين 7.5 و 88%، ليس فقط حسب نوع النبات ولكن أيضاً حسب نوع الماء الممغنط (الجدول 5). أظهرت دراسة ماهيشواري وجريوال (2009) أن زيادة إنتاجية المياه كانت الأعلى عندما تم مغنطة المياه المالحة في البازلاء الثلجية والكرفس. وبالمثل، زادت إنتاجية المياه بشكل ملحوظ في ثلاثة أنواع نباتية أخرى عندما تمغنط المياه المالحة (كريم، 2018، الجدول 5). يعتمد توفير المياه المُبلغ عنه على الأنواع ويتراوح بين 11 و 14.2% الجدول 5). ومع ذلك، يعتمد ذلك أيضاً على جودة المياه المستخدمة في المغنطة. تم تحسين كفاءة استخدام المياه في اللوبيا بنسبة 22% عن طريق تطبيق MW على المياه العادية، أي المياه غير المالحة (الجدول 5). علاوة على ذلك، ينبغي أن نأخذ في الاعتبار أيضاً نوع جهاز المغنطة، ومع ذلك، يكون الأمر صعباً للغاية في بعض الأحيان لأنه لم يتم دائماً وصف تفاصيل الأجهزة.

الجدول 5: تأثير MW على إنتاجية المياه في أنواع النباتات المختلفة عند حدوث مغنطة على أنواع مختلفة من المياه.

المرجع	التأثيرات على إنتاجية المياه وتوافره	جهاز المغنطة	نوعية الماء	الأنواع النباتية
Maheshwari and Grewal, 2009	زادت إنتاجية المياه بنسبة 12% و 24% عندما تمت ممغنطة RcW و SW (3000 جزء في المليون)، على التوالي.	كان الجهاز المغناطيسي بمدى MF 3.5-136 ملي تسلا، كان قسم الأنابيب 100 مم بقطر داخلي 22 مم، كان معدل تدفق الماء 10 مل ثانية ⁻¹ مر الماء مرتين عبر جهاز المغنطة	المياه الصالحة للشرب (PW) المياه المعاد تدويرها (RcW) المياه المالحة (SW)، 1500 و 3000 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم	<i>Apium</i> (الكرفس) <i>Graveolens subsp. dulce</i> (Mill.) Schübl. (& G. Martens)
	لم يتم الكشف عن أي تأثير.			<i>pea (Pisum sativum L.</i>
	زادت إنتاجية المياه بنسبة 12% و 7.5% و 13% استجابةً للمغنطة PW و RcW (1000 جزء في المليون)، على التوالي.			snow pea (<i>Pisum sativum</i> var. <i>saccharatum</i>)
Sadeghipour and Aghaei, 2013	كفاءة استخدام المياه، أي إجمالي الوزن الجاف لكل ماء مستهلك، زادت بنسبة 22% (من 114.8 جم م ⁻³ إلى 139.87 جم م ⁻³)	لم يتم وصف تفاصيل جهاز المغنطة.	ماء الشرب العادي	اللوبيبا (<i>Vigna unguiculata L. Walp. cv. Kamran</i>)
Kareem, 2018	زادت إنتاجية المياه بنسبة 65% (6.42 كجم م ⁻³) عندما تم الري بال MW	لم يتم وصف تفاصيل جهاز المغنطة.	SW ملجم (700 لتر Na ⁺ -1)، طريقة الري	الباذنجان (<i>Solanum melongena L. cv. Florida</i>)

	وكان في الشاهد 3.90 كجم م ³ تم توفير المياه بنسبة 11.1%		بالتقريب	<i>High Bush melomgena L. cv.</i>
	زادت إنتاجية المياه بنسبة 88% (1.43 كجم م ³ عندما تم الري باستخدام الماء الممغنط وكان الشاهد بمقدار 0.76 كجم م ³ تم توفير المياه بنسبة 13.5%			(الفول البلدي <i>Vicia faba L. cv. Isban</i>)
	زادت إنتاجية المياه بنسبة 78% (15.52 كجم م ³ عندما تم الري بالماء الممغنط وكانت 8.73 كجم م ³ عند الشاهد). تم توفير المياه بنسبة 14.2%			(طماطم <i>Solanum lycopersicon L. cv. Logaen</i>)

تعد إنتاجية المياه مقياساً ذا أهمية اقتصادية متزايدة، تماماً مثل نسبة توفير المياه، وذلك بسبب نقص المياه الناجم عن تغير المناخ وقلة نسبة مياه الري ذات الجودة المناسبة.

الجانب التطبيقي

الفصل الثالث:

الوسائل وطرق البحث

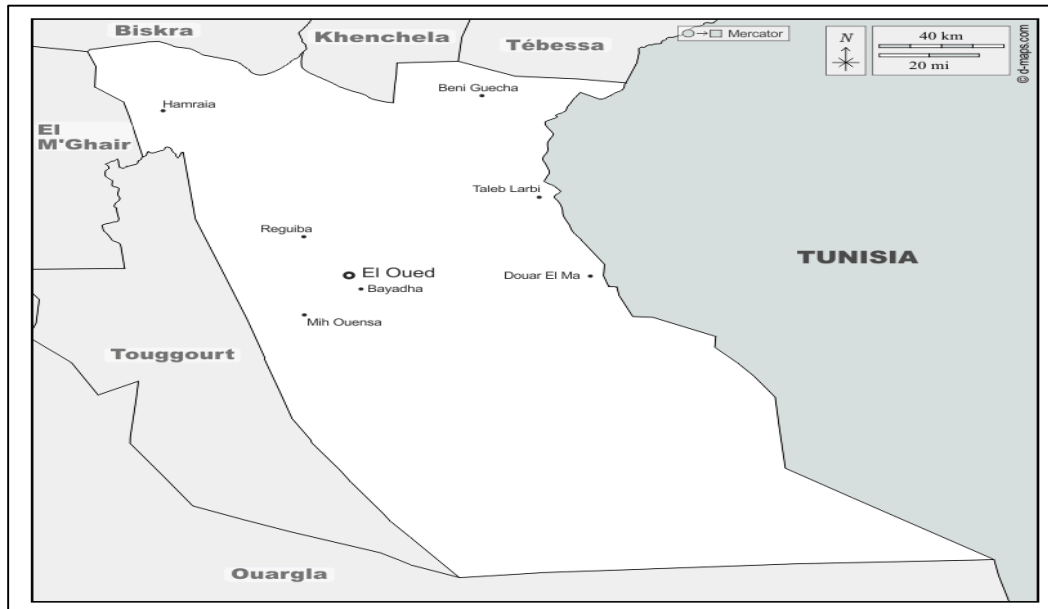
أولاً: تقديم منطقة الدراسة

1. الموقع الجغرافي لمنطقة الوادي:

تقع منطقة الوادي في الجنوب الشرقي من القطر الجزائري بالتعرق الشرقي من الصحراء الكبرى وتقع على دائرة عرض 33° شمالاً وعلى خط طول 06° شرقاً وتبلغ مساحتها 74.000 كلم² (ضيف، 2014).

تنتهي حدود الوادي الشمالية عند منطقة تبسة وبسكرة وجنوباً بالكثبان الرملية الحمراء لولاية ورقلة، أما الحدود الشرقية فتصل إلى مناطق الشطوط المالحة بتونس (شط الجريد، شط الغرسة)، أما غرباً فتنتهي عند الأراضي المنبسطة لمنطقة المغير ومنطقة توقرت كما يوضحه الشكل (21) (حليس، 2007 - Nadjaha، 1971).

كما تتميز المنطقة بمظهر الكثبان الرملية التي تغطي ثلاثة أرباع المساحة الإجمالية، تتخللها المنخفضات والأودية كما تعد سوف اخفض نقطة في العرق الشرقي الكبير (بن موسى، 2006).



الشكل 21: صورة توضح الموقع لولاية الوادي

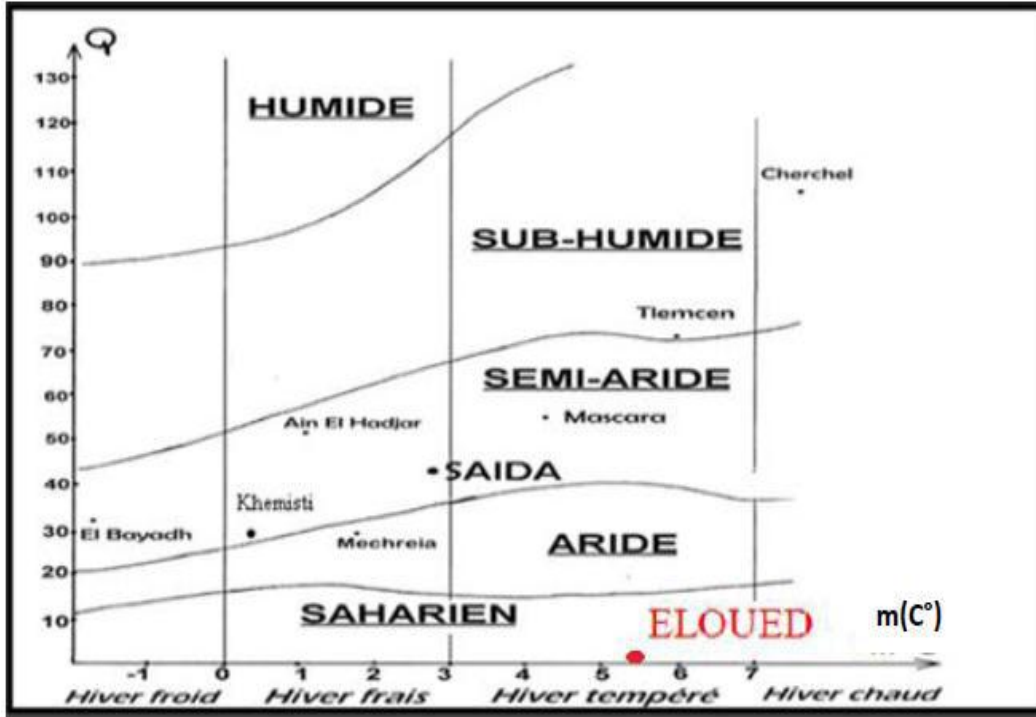
2. الزراعة في منطقة الوادي:

إن كل منطقة فلاحية بولاية الوادي تخصصت في نوع زراعي معين بامتياز، فإذا كانت المناطق الداخلية اشتهرت بزراعة البطاطا والمناطق الحدودية بالزراعات الكبرى كالقمح والشعير، ركزت المناطق الفلاحية بالجهة الجنوبية من الولاية على نوع خاص بها من الزراعة الصيفية، ويتعلق الأمر بزراعة البطيخ بنوعيه الأحمر والأصفر والذي يكثر الإقبال عليه عبر التراب الوطني وخارج الوطن خاصة في فصل الصيف.

3. العوامل المناخية لمنطقة الوادي:

يعد المناخ من أهم العوامل الطبيعية التي تؤثر على النشاط الزراعي فلكل محصول بيئة مناخية معينة يعيش فيها، ويحدد المناخ نوعية المحاصيل الزراعية ومواعيد زراعتها، ومراحل نموها ونضجها وتوزعها، كما يؤثر في تكوين التربة الزراعية (جابر، 2015) كما أن للتقلبات المناخية آثار سلبية على نمو وإنتاج المحاصيل الزراعية، مما يجعل المناخ عاملا رئيسيا في نجاح الزراعة أو فشلها (المنفي، 2009).

معرفة الخصائص المناخية ذو أهمية لكل الدراسات البشرية لما للمناخ من تأثير على النشاط البشري إذ يعتبر المتحكم الأساسي في النشاط الفلاحي، وكذا في عمليات التهيئة عموما حيث يؤثر بمختلف عناصره على المظاهر المكونة للمجال (جابر، 2015).



الشكل 22: صورة توضح النطاق البيومناخي لولادي الوادي

يعتبر مناخ منطقة الوادي مناخا صحراويا ويتميز بصيف حار وجاف تصل درجة الحرارة في بعض الأحيان 54°م وبشتاء بارد جاف حيث تصل درجة الحرارة في بعض الأحيان إلى 03°م (جابر، 2015). وفيما يلي توضيح لبعض عوامل المناخ (الحرارة، الرطوبة، التساقط) المسجلة في الفترة الممتدة (2011-2020).

أ- الحرارة:

من خلال الجدول رقم (06) الذي يوضح درجات الحرارة الشهرية لمدة عشر سنوات الأخيرة حيث نسجل أعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة خلال شهر جويلية والمقدرة بـ: 34.24°م كما تم تسجيل أدنى متوسط شهري لدرجة الحرارة خلال شهر جانفي والمقدرة بـ: 11.66°م حيث كان الفارق 22.58°م، أما المعدل السنوي لدرجات الحرارة فهو 22.86°م، ولهذا فإن منطقة الوادي تتميز بحرارة عالية صيفا ومنخفضة شتاء، نتيجة موقعها القاري وقربها من خط الاستواء كما ذكر (Voisin, 2004).

جدول (06): توزيع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جون
درجة الحرارة (م°)	11.66	13.07	17.05	21.87	26.27	31.47
الأشهر	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجة الحرارة (م°)	34.24	33.77	29.86	25.06	17.59	12.42
المعدل السنوي (م°)	22.86					

ب- الرطوبة:

من معطيات الجدول رقم (07) نجد أن منطقة الوادي تتميز بوجود فترتين، الأولى رطبة إلى حد ما، تمتد من شهر أكتوبر إلى غاية شهر مارس، تجاوز فيها متوسط الرطوبة 54.73%، أين سجلت أكبر نسبة لها بـ: 64.81% في شهر ديسمبر، والفترة الثانية جافة تمثل باقي شهور السنة، وسجلت لأقل نسبة لها بـ: 28.76% في شهر جويلية، بينما متوسط الرطوبة السنوي كان 45.33% لذا فإن منطقة الوادي تمتاز في الغالب بمستويات ضعيفة من الرطوبة الجوية بسبب قلة تشبع الهواء ببخار الماء الناجم عم ارتفاع درجات الحرارة وزيادة السطوع الشمسي.

جدول (07) توزيع متوسطات الرطوبة الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جون
الرطوبة (%)	61.14	50.17	45.06	39.39	34.70	33.11
الأشهر	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الرطوبة (%)	28.76	32.33	44.19	51.08	56.16	64.81
المعدل السنوي (%)	45.33					

ج- التساقط:

من خلال دراسة الجدول رقم (08) الذي يوضح مستويات تساقط الأمطار الشهرية في منطقة الوادي خلال الفترة (2011-2020) نلاحظ وجود فترة ممطرة نسبياً تمتد من شهر سبتمبر إلى شهر أبريل، بتسجيل أكبر قيمة للتساقط الشهري في شهر سبتمبر بمقدار 8.97 ملم، أما باقي الأشهر فإن تساقطها ضئيل، فهي عبارة عن فترة جافة بحيث لم تسجل في شهر جويلية سوى 0.22 ملم، في حين قدرت كمية متوسط التساقط السنوي بـ: 39.67 ملم لذا تعتبر هذه الكمية قليلة وليست ذات فائدة في الزراعات وخاصة المسقية منها.

جدول (08) توزيع متوسطات التساقط الشهرية لمنطقة الوادي في الفترة (2011-2020)

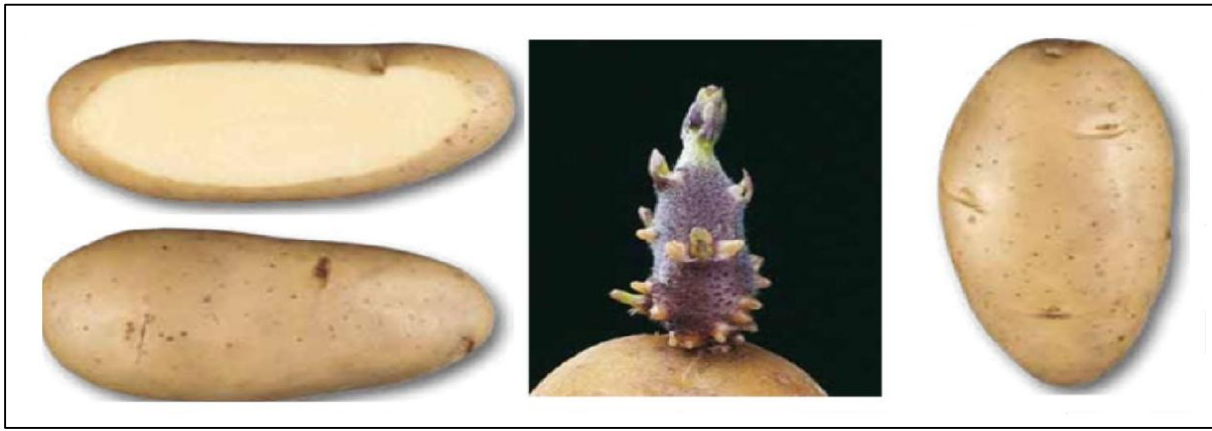
الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جون
التساقط (ملم)	3.87	0.87	7.79	7.63	1.08	0.47
الأشهر	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
التساقط (ملم)	0.22	0.59	8.97	3.39	2.58	2.22
المعدل السنوي (ملم)	39.67					

ثانيا- المواد وطرق العمل:

أ- المادة النباتية المستعملة البطاطس صنف سبونتا (Spunta)

أجريت التجربة على نبات البطاطس صنف سبونتا (Spunta) الذي يتميز بالنضج نصف مبكر، السكون نصف طويل إلى طويل، جد كبيرة متطاولة، الشكل منظم، القشرة صفراء، العيون سطحية جدا، مقاومة جيدة للإسوداد الداخلي، المردود مرتفع، الحجم منظم، المادة الجافة جيدة إلى متوسطة، ملائمة للطهي حيث جيدة جدا ومتماسكة، مناسبة للاستهلاك الطازج، المجموع الخضري جيد، الأمراض حساسة جدا لميليديو الأوراق وحساسة لميليديو الدرنا، مقاومة جيدة جدا لفيروس التفاف الأوراق، مقاومة لفيروس A، مقاومة متوسطة للفيروس X، ومقاومة جيدة للفيروس Yn، مقاوم للجرب المسحوقي، حساسة جدا للجرب العادي. النبات طويل القامة، الهيكل الورقي ذو نمط وسطي، السيقان شبه منتصب، وتلون

متوسط بالأنثوسيانين، الأوراق كبيرة إلى متوسطة خضراء داكنة بشكل نصف مفتوح، الإزهار غزير إلى معتدل، تلوين غزير إلى معتدل على الجانب الداخلي من تويج الزهرة، الدرنات متطاولة القشرة صفراء ملساء، اللب أصفر شاحب، العيون جد سطحية، البرعم كبير أسطواني وضخم، التلون بالأنثوسيانين قوي، يكسوه زغب قوي إلى متوسط في القاعدة، البرعم النهائي كبير إلى متوسط، والتلون بالأنثوسيانين متوسط إلى ضعيف، الجذيرات غزيرة إلى كثيرة جدا في العدد والشكل (23) توضح شيئا من ذلك.



الشكل 23: صور لبعض خصائص الصنف سبونتتا (NIVAP, 2011) (Spunta)

ب- موقع تنفيذ التجربة:

نفذت التجربة في بلدية حاسي خليفة التابعة إلى دائرة حاسي خليفة ولاية الوادي تقع بين الدبيلة والطالب العربي يقطنها 31784 نسمة، تقع مدينة حاسي خليفة 30 كلم من الشرق من مقر الولاية ولاية الوادي 50 كلم عن الحدود التونسية. يغلب على المدينة الطابع الفلاحي تشتهر هذه المدينة بزراعة البطاطا حيث في سنة 2011 حصلت على المرتبة الأولى على مستوى الجمهورية الجزائرية من حيث إنتاج البطاطا وبدأت في المدة الأخيرة بزراعة الطماطم والبطيخ الأحمر والقمح.



الشكل 24: صورة توضح الحقل التجريبي (Google Erthe)

ج- تصميم التجربة:

تحتوي التجربة على معاملين رئيسيين للسقي من نفس المصدر واحد مربوط بجهاز الدلتا ووتر والآخر بدون جهاز متوجهين نحو حقلين زراعيين مزروعين بطاطس تعتمد في عملية السقي على طريقة الرش المحوري حيث يكون واحد مسقي بالمياه الممغنطة والآخر مسقي بالمياه غير الممغنطة وتم اختيار أماكن مختلفة من كلا الحقلين بصورة عشوائية، تحتوي كل معاملة على 100 شجرة بتكرار ثلاث مرات وقد تم إحاطة معاملات الحقل المسقي بالمياه الممغنطة بشريط أزرق والآخر بشريط أخضر.

تم تحديد ثلاثة نباتات عشوائيا من كل تكرار حيث كان مجموع النباتات على النحو التالي:

- 09 نباتات من المسقية بالمياه الممغنطة.

- 09 نباتات من المسقية بالمياه الغير ممغنطة.

د- تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه السقي:

تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية بمخبر الجزائرية للمياه بالوادي، مع تحليل بعض الخصائص في مخبر كلية علوم الطبيعة والحياة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي. حيث تم الاعتماد على جهاز pHmeter في قياس قيمة pH لمياه السقي، كما تم قياس الناقلية EC بجهاز conductivity-meter حيث تم تقديرها كما هو موضح في الجدول أدناه،

الناقلية الكهربائية	تصنيف مياه السقي
S/m μ أقل من 250	مقبولة صالحة للسقي
S/m μ من 250 إلى 750	متوسطة الملوحة
S/m μ من 750 إلى 2250	عالية الملوحة
S/m μ أكثر من 2250	مالحة جدا

جدول رقم (09) تصنيف مياه السقي حسب درجة الملوحة (APHA, 1998)

هـ - آلية معالجة المياه:

تم معالجة المياه بتقنية المغنطة بواسطة جهاز من شركة دلتا ووتر (Delta Water) ذات قطر 02 بوس وهو تقنية يابانية بشراكة مصرية ويتوفر بعدة أحجام 02 بوس، 04 بوس، 06 بوس، 08 بوس، حيث يختلف قطر وحجم مرور الماء، وكذلك تكلفة الجهاز، يتم توفيره في الجزائر من طرف شركة CPH وقد تم تجربته في عدة مناطق من الوطن، يحتوي الجهاز على عدة خصائص تجعله مميّزا ومن أهمها أن له حقل مغناطيسي عالي 14500 غاوس ويتم تركيبه بسهولة عبر شبكة السقي، كما أن صلاحية استعماله عالية تفوق 50 سنة (شركة دلتا ووتر، 2012).



الشكل 25: صورة توضح جهاز دلتا ووتر (Delta Water)

و- تثبيت الجهاز:

تبعاً للتعليمات والملاحظات تم تركيب جهاز دلتا ووتر في مزرعة من أجل المراقبة والتقييم والتحقق من العمليات الديناميكية للمياه وزيادة مردود المحصول المزروع الشكل (26).



الشكل 26: صورة توضح تثبيت جهاز دلتا ووتر (Delta Water) في المزرعة

ز- الخدمات الزراعية:

أجريت العمليات الزراعية في الحقلين بصورة موحدة سواء المسقية بالمياه الممغطة والمسقية بالمياه غير الممغطة.

ح- تسوية التربة وحرثها:

تمت تسوية التربة وسقيها بشكل جيد عدة مرات وإضافة الأسمدة العضوية لها المتمثلة في خليط من الأسمدة العضوية الحيوانية المكونة من فضلات الأبقار والدواجن، المستعمل بكثرة عند فلاحي المنطقة لملائمتها للزراعات قصيرة دورة الحياة كالبطاطس ولغناه بالعناصر المعدنية الكبرى وخاصة عنصر الأزوت، وبعض العناصر الصغرى، وأثبتت عدة بحوث فائدته في زراعة محصول البطاطس وتحسنه كما ونوعاً، (Sahmoune, 1986)، الشاطر وآخرون (2001) ثم حرثها على عمق 30 إلى 40 سم من أجل فتح مسامات التربة وزيادة نعومتها، وبعد ذلك تم إحاطة الحقلين بمصدات الرياح على شكل الزروب بجريد النخيل اليابس على ارتفاع حوالي 01 متر.

وبعد النمو بفترة أضيف السماد المركب الثلاثي (15 / 15 / 15) بشكل حبيبي والحاوي على العناصر الثلاثة الكبرى الأساسية للنبات، حيث يحتوي القنطار منه على 15 كغ آزوت، 15 كغ فوسفور، 15 كغ بوتاسيوم، كما أضيفت أسمدة العناية بعد بزوغ النباتات ونموها، ممثلة في سماد أحادي فوسفات الأمونيوم، المعروف اختزالاً بـ (MAP) ذو التركيبة الكيميائية: 00 - 52 - 12 NPK، أي أن كل 100 كغ منه تحتوي 12 كغ آزوت نقي و 52 كغ على شكل P2O5 كما يوضحه الشكل رقم (27).



الشكل 27: صورة لكيس سماد الماب المستعمل في التجربة

ط- تاريخ الزراعة:

تمت الزراعة يدويا بتاريخ 12 جانفي 2024 باستعمال درنات بطاطس كاملة دون تجزئتها، بعد أن تم تنبيتها وإخراج براعمها وهذا لتفادي تخمر البذور في التربة بعد عملية الزرع، وتجنب عدم تجانس نمو النباتات في الحقل، وزراعة كانت بأبعاد 60 سم بين الصفوف، و 30 سم بين الدرنات.

4. صفات الإنتاج:

أ- متوسط عدد الدرنات في النبات:

بعد تقليع عدة نباتات مختلفة من كلا الحقلين لكل مكرر تم حساب عدد الدرنات في كل نبات وكان متوسط عدد الدرنات يتراوح بين 06 و 08 درنة في كل نبات.

ب- متوسط عدد الدرنات القياسية:

يتم التعبير عنه بالعين المجردة من خلال حساب عدد الدرنات التي يفوق أو يساوي حجمها فتحة الصندوق المستعمل في عملية الشحن ورفض الدرنات ذات الحجم الصغير.

ج- متوسط وزن الدرنة (غ):

تم حساب متوسط وزن الدرنة لتسع نباتات من كل معاملة بالمعادلة التالية:

$$\text{متوسط وزن الدرنة (غ)} = \frac{\text{الوزن الكلي للدرنات}}{\text{عدد الدرنات}}$$

د- متوسط وزن الدرنة القياسية (غ):

يعبر عنه بوزن الدرنات التي يفوق وزن الواحد منها 40 غ على عدد الدرنات الكلي التي يفوق وزن كل واحدة منها 40 غ.

$$\text{متوسط وزن الدرنة القياسية (غ)} = \frac{\text{الوزن الكلي للدرنات الأكبر من 40 غ}}{\text{عدد الدرنات التي وزن كل منها 40 غ}}$$

هـ - متوسط الإنتاج في النبات (غ):

تم وزن حاصل الوحدة التجريبية لكل مكرر للنباتات المتبقية في نهاية الموسم واستخرج منها حاصل النبات الواحد وفق المعادلة التالية:

$$\text{متوسط حاصل النبات (غ/نبات)} = \frac{\text{الوزن الكلي للوحدة التجريبية}}{\text{عدد النباتات في نفس الوحدة}}$$

و - متوسط الإنتاج في الهكتار (طن/الهكتار):

تم حساب متوسط الإنتاج في الهكتار في كل وحدة تجريبية على أساس المساحة المزروعة في الهكتار، ثم حساب متوسط الوحدات التجريبية المكررة لكل معاملة وفق المعادلة التالية:

$$\text{متوسط الإنتاج (طن/هكتار)} = \frac{\text{متوسط إنتاج الوحدة التجريبية (طن)} \times 10000 \text{ م}^2}{\text{مساحة الوحدة التجريبية (م}^2\text{)}}$$

ز - متوسط الإنتاج القياسي في الهكتار (القنطار):

يتم تحديدها بمعرفة متوسط الإنتاج القابل للتسويق فقط، ويعبر عنها Zamotaeva (1997) بالدرنات القياسية التي لا يقل زنها عن 40 غ للدرنة الواحدة حميدان وآخرون، (2006).

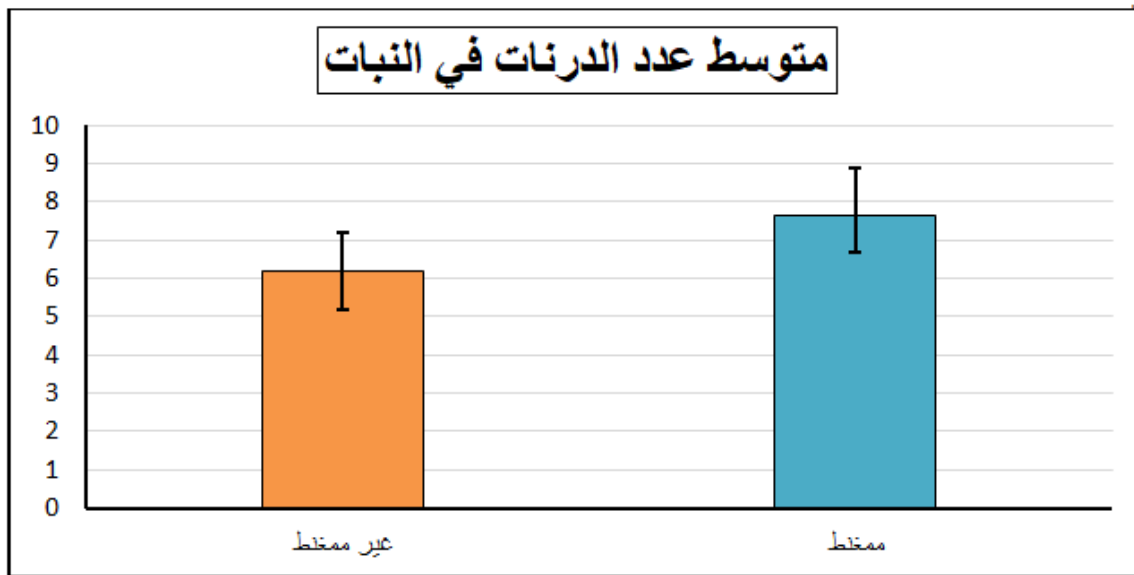
الفصل الرابع:

تحليل ومناقشة النتائج

❖ تأثير المياه الممغطة وغير الممغطة على إنتاج البطاطس

1. متوسط عدد الدرناات في النبات:

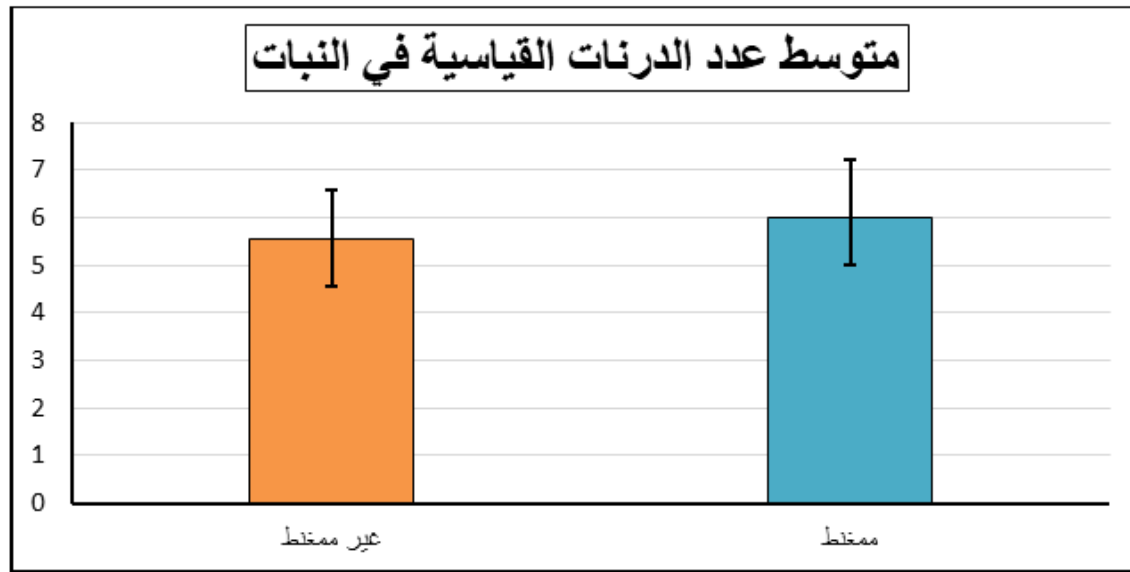
يبين الشكل (28) نتائج متوسط عدد الدرناات في نبات البطاطس المسقية بالمياه الممغطة وغير الممغطة بحيث أظهرت النتائج تفوق عدد الدرناات في النباتات المسقية بالمياه الممغطة والمقدرة بـ: 1.53 ± 7.66 درنة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغطة والمقدرة بـ: 0.96 ± 6.20 درنة. ويعزى تفوق النباتات المسقية بالمياه الممغطة في عدد الدرناات إلى إن مغطة المياه يؤدي إلى تحسين خواص الماء من الناحية الفيزيائية والكيميائية (الموصلية، 2009) كما أن المغطة للمياه تسهل عملية الامتصاص وكذلك رفع ذوبانية الماء مما يجعل العناصر الغذائية أكثر تيسيرا للنبات مما يرفع نسبة امتصاصية المياه والعناصر الغذائية وهذا ما أكده (Barefoot, Reich, 1992) التي ترفع من إنتاجية عملية التركيب الضوئي وزيادة إنتاجية النبات.



الشكل 28: مخطط يوضح متوسط عدد الدرناات في النبات بدلالة نوعية المياه

2. متوسط عدد الدرنات القياسية:

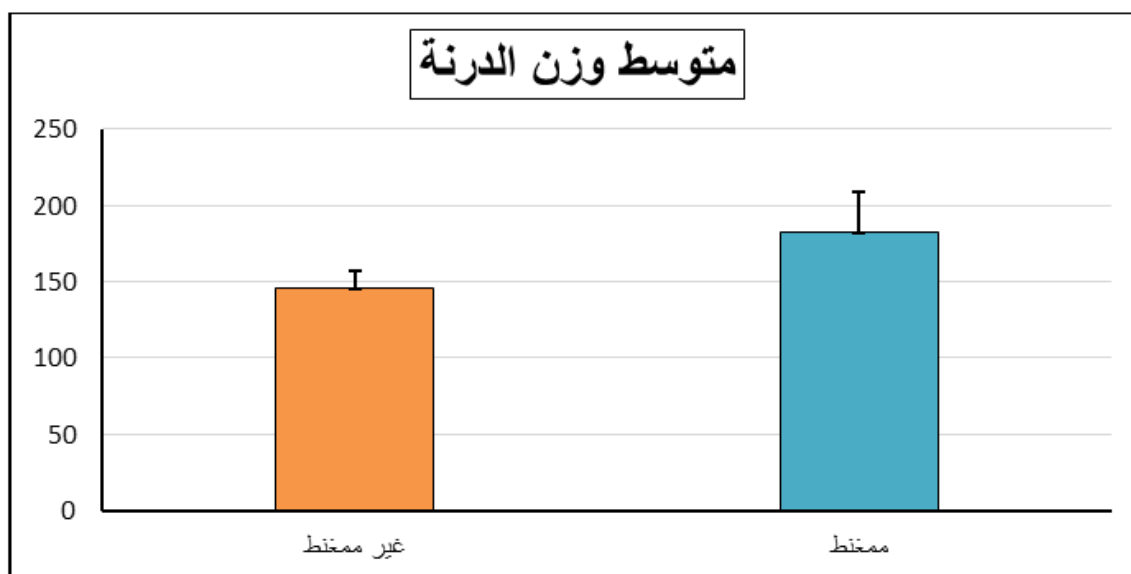
ظهر الشكل (29) نتائج دراسة متوسط عدد الدرنات القياسية (40 غ) في نبات البطاطس المسقية بالمياه الممغطة وغير الممغطة بحيث أظهرت النتائج أن هناك تفوق عدد الدرنات القياسية في النباتات المسقية بالمياه الممغطة والمقدرة بـ: 1.21 ± 5.99 درنة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغطة والمقدرة بـ: 1.08 ± 5.55 درنة. ويرجع تفوق النباتات المسقية بالمياه الممغطة في عدد الدرنات القياسية إلى إن عملية مغنطة المياه يؤدي إلى وجود عدة مميزات للماء من ناحية خواصه الفيزيائية والكيميائية كما وضحه (الموصلي، 2009) وكما أن المغنطة للمياه تسهل وتزيد من عملية الامتصاص ورفع ذوبانية الماء مما يجعل العناصر الغذائية أكثر توفرا للنبات مما يرفع نسبة امتصاصية المياه والعناصر الغذائية (Barefoot, Reich, 1992) التي تزيد في المجموع الخضري للنبات مما يرفع من إنتاجية عملية التركيب الضوئي وزيادة إنتاجية النبات.



الشكل 29: مخطط يوضح متوسط عدد الدرنات القياسية في النبات بدلالة نوعية المياه

3. متوسط وزن الدرنة (غ):

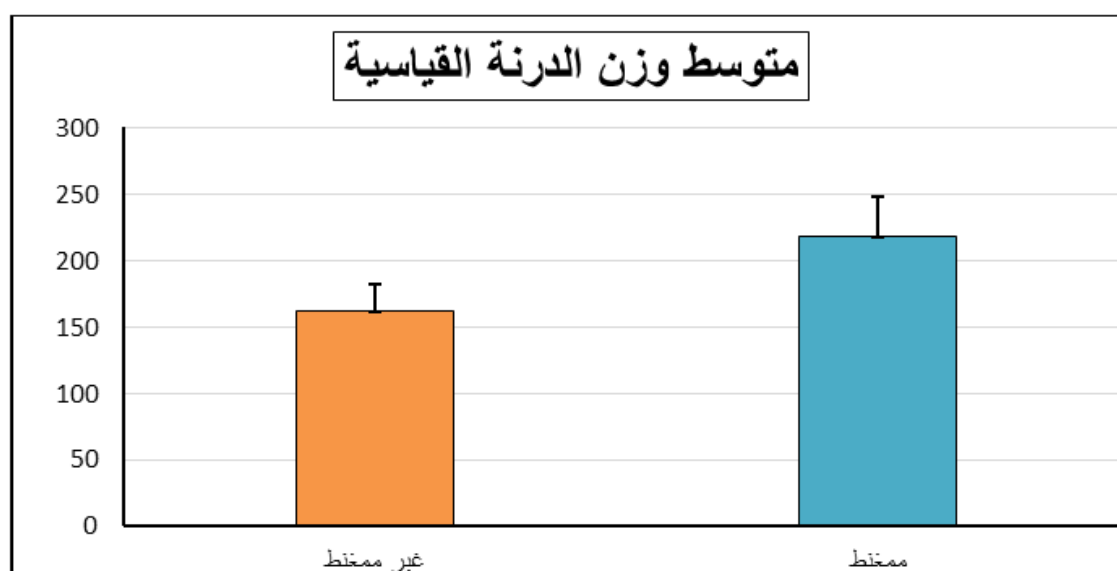
يبين الشكل (30) نتائج متوسط وزن الدرنة (غ) في نبات البطاطس المسقية بالمياه الممغنطة وغير الممغنطة بحيث بينت النتائج المحسوبة تفوق متوسط وزن الدرنة (غ) في النباتات المسقية بالمياه الممغنطة والمقدرة بـ: 26.48 ± 182.83 غرام للدرنة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة والمقدرة بـ: 11.26 ± 145.80 غرام للدرنة. ويفسر تفوق متوسط وزن الدرنة (غ) في النباتات المسقية بالماء الممغنط عن نظيرتها المسقية بالماء غير الممغنط إلى استعمال هذه التقنية يؤدي تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء وهذا ما يساهم زيادة ذوبانية العناصر الغذائية (الجوزي، 2006) وتيسير امتصاصها من طرف النبات مما يرفع نسبة امتصاصية الماء والعناصر الغذائية التي ترفع من إنتاجية عملية التركيب الضوئي وزيادة إنتاجية النبات وهذا ما أكده (فهد وزملاؤه، 2005).



الشكل 30: مخطط يوضح متوسط وزن الدرنة في النبات بدلالة نوعية المياه

4. متوسط وزن الدرنة القياسية (غ):

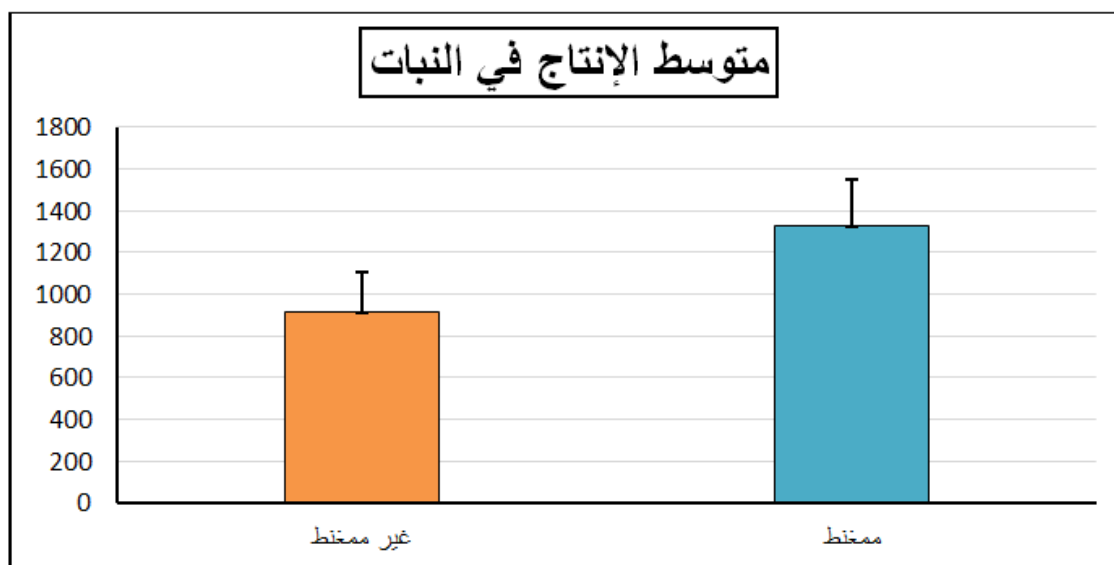
يظهر الشكل (31) نتائج دراسة متوسط وزن الدرنة القياسية أكبر من (40غ) في نبات البطاطس المسقية بالمياه الممغنطة وغير الممغنطة بحيث بينت النتائج المحسوبة تفوق متوسط وزن الدرنة القياسية أكبر من (40غ) في النباتات المسقية بالمياه الممغنطة والمقدرة بـ: 29.59 ± 218.09 غرام للدرنة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة والمقدرة بـ: 19.96 ± 161.76 غرام للدرنة. ويفسر تفوق متوسط وزن الدرنة القياسية أكبر من (40غ) في النباتات المسقية بالماء الممغنط عن نظيرتها المسقية بالماء غير الممغنط إلى أن استعمال هذه التقنية يؤدي تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء والتربة (الموصلي، 2009) على حد سواء وهذا ما يساهم زيادة ذوبانية وانحلال العناصر الغذائية وتيسير امتصاصها من طرف النبات مما يزيد من نسبة امتصاصية الماء والعناصر الغذائية (Kronenberg, 2005) التي تزيد من عدد الأفرع والأوراق والتي ترفع من عملية التركيب الضوئي وزيادة إنتاجية النبات.



الشكل 31: مخطط يوضح متوسط وزن الدرنة القياسية في النبات بدلالة نوعية المياه

5. متوسط الإنتاج في النبات (غ):

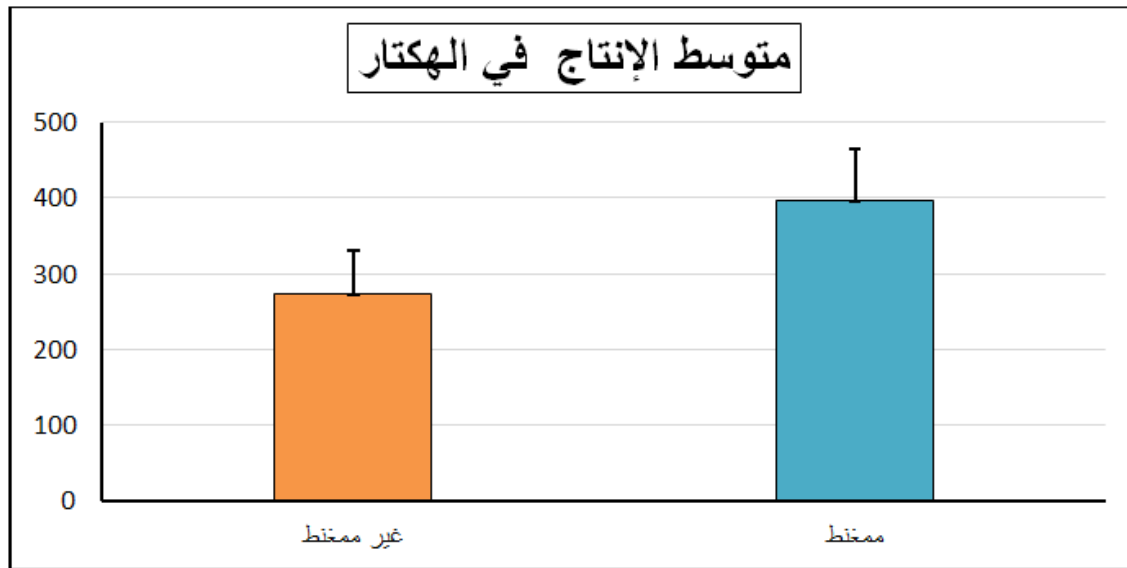
يبين الشكل (32) نتائج متوسط الإنتاج في نبات البطاطس المسقي بالماء الممغنط والماء غير الممغنط بحيث أظهرت النتائج تفوق متوسط الإنتاج في النباتات المسقية بالماء الممغنط والمقدرة بـ: 227.35 ± 1323.61 (غ) للنبته الواحدة مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغنطة والمقدرة بـ: 190.99 ± 911.32 (غ) للنبته الواحدة. ويعود تفوق متوسط الإنتاج للنباتات المسقية بالمياه الممغنطة إلى إن مغنطة المياه يؤدي إلى تحسين خواص الماء من الناحية الفيزيائية والكيميائية كما أن المغنطة للمياه تسهل عملية الامتصاص وكذلك رفع ذوبانية الماء مما يجعل العناصر الغذائية أكثر تيسيرا للنبات مما يرفع نسبة امتصاصية المياه والعناصر الغذائية والتي تزيد من عدد الأوراق في النبات (المجموع الخضري) مما يرفع من إنتاجية عملية التمثيل الضوئي ونواتجها خاصة من الكربوهيدرات فيؤدي وزيادة إنتاجية النبات (حشيشة وآخرون 2016).



الشكل 32: مخطط يوضح متوسط الإنتاج في النبات بدلالة نوعية المياه

6. الإنتاج في الهكتار (القنطار):

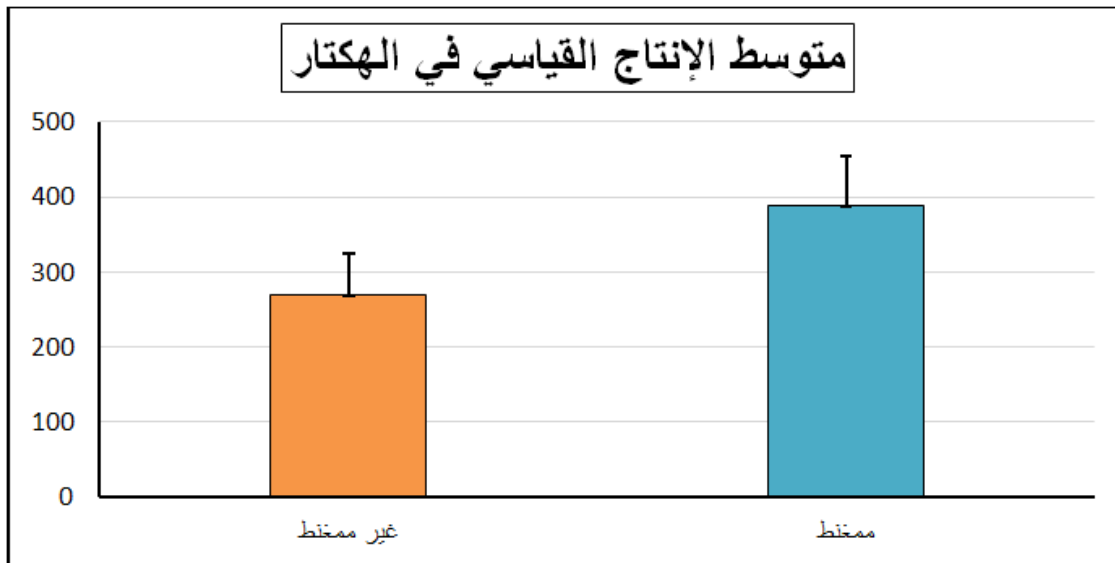
يظهر الشكل (33) نتائج متوسط الإنتاج في الهكتار في نبات البطاطس على مستوى الحقلين المسقية بالمياه الممغطة وغير الممغطة حيث بينت النتائج تفوق متوسط الإنتاج القياسي في الهكتار في النباتات المسقية بالمياه الممغطة والمقدرة بـ: 68.21 ± 397.08 (قنطار/ الهكتار) مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغطة والمقدرة بـ: 273.40 ± 57.28 (قنطار/ الهكتار). ويعزى تفوق النباتات المسقية بالمياه الممغطة في متوسط الإنتاج في الهكتار إلى إن مغطة المياه يؤدي إلى تحسين خصائص الماء والتربة الفيزيائية والكيميائية كما أن مغطة المياه تسهل عملية الامتصاص الجذري للعناصر الغذائية بعد ذوبانها في التربة (الجوزي، 2006) وكذلك نوعية البذور المستعملة والأسمدة العضوية يزيد من تيسير العناصر الغذائية للنبات مما يزيد امتصاصيتها فتؤدي إلى زيادة المجموع الخضري في النبات ورفع عملية التركيب الضوئي التي تؤدي إلى زيادة إنتاجية النبات.



الشكل 33: مخطط يوضح متوسط الإنتاج للنبات في الهكتار بدلالة نوعية المياه

7. الإنتاج القياسي في الهكتار (القطار):

يظهر الشكل (34) نتائج متوسط الإنتاج القياسي في الهكتار في نبات البطاطس على مستوى الحقلين المسقية بالمياه الممغطة وغير الممغطة حيث أسفرت النتائج تفوق متوسط الإنتاج القياسي في الهكتار في النباتات المسقية بالمياه الممغطة والمقدرة بـ: 388.14 ± 66.37 (قنطار/ الهكتار) مقارنة بالنباتات المسقية بالمياه غير الممغطة والمقدرة بـ: 268.99 ± 56.17 (قنطار/ الهكتار). ويعزى تفوق النباتات المسقية بالمياه الممغطة في متوسط الإنتاج القياسي في الهكتار إلى إن مغطة المياه يؤدي إلى تحسين خصائص الماء الفيزيائية والكيميائية كما أن مغطة المياه تسهل عملية الامتصاص الجذري للعناصر الغذائية بعد ذوبانها في التربة وكذلك نوعية البذور المستعملة والأسمدة العضوية يرفع نسبة امتصاصية المياه والعناصر الغذائية التي ترفع من إنتاجية عملية التمثيل الضوئي وزيادة إنتاجية النبات (حشيشة وآخرون 2016).



الشكل 34: مخطط يوضح متوسط الإنتاج القياسي للنبات في الهكتار بدلالة نوعية المياه

8. التركيبة الدرنية للإنتاج:

نلاحظ من خلال تحليل نتائج الجدول لنسب الدرنات المقسمة إلى مجالات وزنية مختلفة أن في نسب الأوزان الأقل من 300 غ كان التفوق للدرنات المسقية بالمياه غير الممغنطة، بينما في نسب الأوزان الأكبر من 300 غ كان التفوق واضحا للدرنات المسقية بالمياه الممغنطة، وهذا ما يؤكد أن السقي بالماء الممغنط عنده فوائد كثيرة منها تحسين خواص الماء والتربة الفيزيائية والكيميائية، مما يجعل العناصر الغذائية متاحة أكثر للنبات، فيرفع من قدرة النبات على امتصاصها، فيؤدي ذلك إلى زيادة المجموع الخضري للنبات الذي يساهم في زيادة عملية التمثيل الضوئي وزيادة إنتاجية النبات من الدرنات. (Kronenberg, 2005)

جدول 09: توزيع نسب الدرنات حسب أوزان مختلفة

الحالة	ممغنط	غير ممغنط
نسبة الدرنات حسب الوزن		
نسبة الدرنات الأكبر من 450 غ	10 %	0 %
نسبة الدرنات الأكبر من 300 غ	16.66 %	3.5 %
نسبة الدرنات من 200 إلى 300 غ	24 %	36.7 %
نسبة الدرنات 100 إلى 200 غ	15 %	25 %

الخاتمة

الخاتمة:

في ختام هذه المذكرة، نجد أن نبات البطاطا يُعتبر من أهم المحاصيل الزراعية على مستوى العالم، نظرًا لقيمتها الغذائية والاقتصادية. ومع ذلك، تظل مشكلة الملوحة واحدة من أكبر التحديات التي تواجه زراعة البطاطا، حيث تؤثر سلبًا على نمو النبات وإنتاجيته. وقد تم استعراض العديد من الحلول للتغلب على هذه المشكلة، ومن أبرزها تقنية مغنطة ماء الري.

تعتبر مغنطة ماء الري من التقنيات الحديثة التي أثبتت فعاليتها في تقليل تأثير الملوحة على نبات البطاطا. تعتمد هذه التقنية على تمرير ماء الري عبر مجال مغناطيسي، مما يؤدي إلى تغيير خصائص الماء وتحسين امتصاصه من قبل النبات. وقد أظهرت الدراسات أن استخدام المياه الممغنطة يساهم في تعزيز نمو البطاطا وزيادة مقاومتها للملوحة، وبالتالي تحسين الإنتاجية والجودة.

علاوة على ذلك، فإن مغنطة ماء الري تساهم في تحسين كفاءة استخدام المياه، مما يجعلها تقنية مستدامة وصديقة للبيئة. لذا، من الضروري أن يتبنى المزارعون هذه التقنية كجزء من ممارساتهم الزراعية، إلى جانب البحث المستمر عن حلول مبتكرة أخرى للتغلب على مشكلة الملوحة ومن هذا المنطلق يمكن تقديم بعض التوصيات التي يمكن تتبعها لأحداث تنمية زراعية مستدامة:

- متابعة الدراسات للتعرف أكثر على تقنية الماء الممغنط.
- تقييم تطبيقات هذه التقنية على شبكات سقي مختلفة.
- دراسة أثر المياه الممغنطة على زراعات مختلفة وفي أنواع مختلفة من التربة وبمياه ذات مصادر ومكونات مختلفة.
- دراسة مغنطة المياه مع مختلف نظم السقي بحيث تتم المقارنة بين السقي بالرش، السقي بالتقطير، السقي المحوري، السقي الضبابي، والسقي السطحي.
- دراسة أثر السقي بالمياه الممغنطة على مختلف أنواع التسميد.

وفي الختام يمكن القول إن مواجهة تحديات الملوحة تتطلب تضافر الجهود بين الباحثين والمزارعين واعتماد تقنيات حديثة وفعالة. من خلال ذلك، نستطيع تحقيق زراعة مستدامة وتحقيق الأمن الغذائي للمجتمعات.

ونأمل أن تسهم نتائج هذا البحث في تقديم حلول عملية لتحسين زراعة البطاطا في المناطق المالحة، والعسيرة وتعزيز الممارسات الزراعية المستدامة. من خلال ذلك، يمكن زيادة كفاءة استخدام الموارد المائية وتحقيق إنتاجية عالية من المحاصيل في الظروف البيئية الصعبة، مما يدعم التنمية الزراعية المستدامة ويعزز الأمن الغذائي العالمي

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

المراجع:

❖ باللغة العربية

1. بن موسى م، (2006)، الحركة الإصلاحية بولاية وادي سوف نشأتها وتطورها (1990-1993) رسالة ماجستير، جامعة منتوري قسنطينة، الجزائر.
2. جابر، (2015)، الزراعة في إقليم وادي سوف الآليات والواقع والآفاق رسالة ماجستير، جامعة الإخوة منتوري قسنطينة، الجزائر، ص 169
3. الجوزري، حياوي عطية، (2006)، تأثير نوعية المياه ومغذيتها ومستويات السماد البوتاسي في بعض صفات التربة الكيميائية ونمو حاصل الذرة الصفراء، رسالة ماجستير، آلية الزراعة، جامعة بغداد.
4. حشيشة م ب، كحلاوي ن، خماس ي، وآخرون (2016)، تأثير المعالجة الكهرومغناطيسية للمياه المالحة على التربة والمحاصيل.
5. حليس ي، (2007)، الموسوعة النباتية لمنطقة سوف، النباتات الصحراوية الشائعة في المنطقة.
6. حميدان م، زيدان ر، عثمان ح، (2006)، تأثير مستويات مختلفة من التسميد العضوي في نمو وإنتاجية البطاطس صنف مارفونا، مجلة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية 28 (01): 185، 203.
7. الشاطر م س، الدليمي ح ي، البلخي أ، (2011)، تأثير بعض الأسمدة العضوية في الخصائص الخصوبية الأساسية للتربة وإنتاجيتها من محصول السلق، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، مجلد 27، العدد 01.
8. ضيف، (2014)، الواقع السوسيوثقافي وعلاقته بالمشكلات البيئية مقارنة سوسيو أنثوغرافية في منطقة وادي سوف مذكرة دكتوراه، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر.

❖ المذكرات:

9. المنفي م م (2010)، أثر المناخ على الزراعة في إقليم البطنان بليبيا "دراسة في المناخ التطبيقي" رسالة ماجستير في الجغرافيا الطبيعية، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة القاهرة.

10. موصلي ح ع، (2000)، البطاطس زراعتها وآفاتها، تخزينها وتصنيع منتجاتها، دار علاء الدين للنشر والتوزيع والترجمة، دمشق.

❖ باللغة الفرنسية:

11. -Heijmans, R.J. The impact of climate change on global potato production. *Am. J. Potato Res.* 2003; 80: 271-279. doi: 10.1007/BF02855363].
12.] html] A review of starch biosynthesis in relation to the building block backbone model
13. 35Ödemiş B., Çalışkan M.E. Photosynthesis response of potato plants to soil salinity. *Türk Tarım ve Doğa Bilim. Dergisi-Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 2014; 1: 1429-1439
14. a. Killage, H. Gao, D. Roche, Yu. Rivero, J. Cooper, S. Willich observed the different reactions of para and ortho waters towards the trapped diazinelium ions. *Common p.* 2096, 10.1038/s41467-018-04483-3 (2018)؛
15. a. Mehrazi, R. Ghasemi Fasay, A. Ronaghy, A.A. Moussaoui Relationships between copper yields in a maize cropping system affected by the use of coal and the magnetization of irrigation water contaminated with common copper. *Soil sciences. Plant Anal*, 52(21) (2021), pp. 2782-2792؛
16. a. Shabani, S. Bulandnazar, S. J. Al-Tabatabai Magnetic phosphorus solution and fungicide with *Diversispora versiformis* affect utilization efficiency, growth and photosynthesis parameters in sweet basil (*Ocimum basilicum*) *J. Hortic. Resolution*, 27 (2) (2019), p. 103-
17. Abdel-Rahim A., Esmaili N., O'Connell M., Zhang J. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. *Industrial crop production.* 2019؛
18. Abdul Latif A.A.H. , Chaoxing H. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzyme activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. *Horticultural sciences.* 2011; 127: 228-233. doi: 10.1016/j.scienta.2010.09.020.
19. Abt M., Pfister B., Sharma M., Eicke S., Bürgy L., Neale I., Seung D., Zeeman SC STARH SYNTHASE5, a noncanonical starch synthase-like protein, promotes starch granule initiation in *Arabidopsis*. *Plant Cell.* 2020;32(8):2543-2565. doi: 10.1105/tpc.19.00946
20. Acosta Motos GR, Ortuño MF, Bernal Vicente A, Díaz Vivancos P, Sánchez Blanco MJ, Hernández JA Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *agricultural engineering.* 2017; 7:18. doi: 10.3390/agronomy7010018.
21. Al-Attar, K. Al-Wasif, Radwan Growth characteristics of hot pepper (*Capsicum annum*) under the influence of water magnetization with a neodymium magnet (NdFeB) *Agrivita J. Aggreko. Science*, 43(2) (2021), pp. 398-408؛

22. Albacete A.A., Martínez-Andújar C., Pérez-Alfocea F. Hormonal and metabolic regulation of source-sink relationships under salinity and drought: from plant survival to crop yield stability. *Biotechnology Lawyer* 2014; 32:12-30. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.10.005.
23. Alhagdow M.M. , Barthakur N.N. , Donnelly D.J. Salinity stress and sodium-potassium interactions in microflora potatoes. *Potato precision*. 1999; 42: 73–78. doi: 10.1007/BF02358392
24. Ali E. F. , Hassan F. a. s. Alleviating effects of salt stress by mycorrhizal fungi and gibberellic acid on chamomile plants. *Int. J.Sci. Res.* 2014; 3: 109-118.
25. Alice EB, Brusova Burke A. , Ruiz-Sanchez M, Ortwein M, Jerkema E, van ASH, Visser RGF, van der Linden CG Morphological and physiological responses of potato stem transport tissues to drought stress. *Plantain*. 2020; 251:1-15. doi: 10.1007/s00425-019-03336-7.
26. Alice EB, Thewen TBJM, Ortwegen M, Visser RGF, van der Linden CG Mechanisms of carbon partitioning in potatoes under drought stress. *Plant Physiol. Biochemistry*. 2020; 146: 211-219. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.11.019.
27. Amador, Virginia. Boo, Geordie. Martinez Garcia, Jaime; Monti, Elena; Rodriguez Falcon, Mariana; Rousseau, Esther; Pratt, Salome (2001). "Regulation of potato tubers by day length and gibberellin" (PDF). *International Journal of Developmental Biology* (45): S37–S38. Archived from the original (PDF) on February 6, 2009. Retrieved 8 January 2009.
28. amendement organique en cultures maraichères, sous trois étages bioclimatiques
29. Anamul Hok M. Okuma E, Nasreen Akhtar Bano M. , Nakamura Y. , Shimoishi Y. , Murata Y. Exogenous proline attenuates the harmful effects of salt stress more than exogenous betaine by increasing antioxidant enzyme activities. *J. Plant Physiol.* 2007; 164: 553-561. doi: 10.1016/j.jplph.2006.03.010.
30. any. Sotianti, Dr. Rachmawati Effect of magnetic seawater on physiological and biochemical characteristics of different rice varieties *Biodiversity*, 22 (6) (2021), pp. 3083-3091.
31. Arab c. *Geosci.*, 14 (2021), p. 701.
32. Aras S., Keles H., Eşitken A. Silicon Nutrition counteracts salt-induced damage associated with changes in biochemical responses in apples. *Bragantia*. 2020; 79:1-7- .
33. Ashraf M. Foulad, M.R., Breeding crops for salt tolerance in the era of molecular markers and marker-assisted selection. *Plant strain*. 2013; 132:10-20. doi: 10.1111/PBR.12000.
34. Ashraf M. Harris BGC Potential biochemical indicators of salt tolerance in plants. *Botany*. 2004; 166: 3-16. doi: 10.1016/j.plantci.2003.10.024.
35. Ashraf M. Harris BGC Potential biochemical indicators of salt tolerance in plants. *Botany*. 2004; 166: 3-16. doi: 10.1016/j.plantci.2003.10.024.
36. Atabayeva S., Nurmahanova A., Minosha S., Akhmedova A., Kinzibayeva S., Aidosova S., Nurzanova A., Zardamalieva A., Asrandina S., Alibayeva R., et al. The effect of salinity on growth and anatomical characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) Afr seedlings. *J. Biotechnology*. 2013; 12:2366
37. Azaizeh H., Gunse B., Steudle E. Effects of NaCl and CaCl₂ on water transport through root cells of maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Plant Physiol.* 1992; 99: 886-894. doi: 10.1104/p.99.3.886.
38. B. Deng, X.F. Bang the differences in the optical features of water after the influence of a static magnetic field of the chin. *Sci-fi. Bull*, 52 (23) (2007), pp. 3179–3182.

39. Barbieri J. , Fallon S. , Orsini F. , Paradiso R. , De Pascal S. , Negri Zakharov F. , Maggio A. Stomata density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.) *J. Plant Physiol.* 2012; 169: 1737-1746. doi: 10.1016/j.jplph.2012.07.001.
40. Barefoot ,R R and C S Reich 1992 The scientific secret of health and
41. Barkla, P.J.; Castellanos Cervantes, d. De Leon, J. to. Dr.. Matros, A. ; Mock, HP; Perez Alfosa, F. ; Salek, J. H. Wetzal, K. Zörb, C. Elucidating salt stress defense mechanisms and tolerance of crop plants using proteins – current achievements and perspectives. *Proteomics* 2013.
42. Barrett-Lennard, E., Anderson, J., Holmes, K. And Sinnott, A. (2015). High soil sodicity and alkalinity cause transient salinization in southwestern Australia.
43. Bauhin, C. (1596). *Phytopinax*
44. Benavides M.P. , Marconi P.L. , Gallego S.M. , Comba M.E. , Tomaro M.L. Relationship between antioxidant defense systems and salt tolerance in *Solanum tuberosum*. *Aust J Plant Physiol.* 2000; 27: 273-278. doi: 10.1071/PP99138.
45. Benavides M.P. , Marconi P.L. , Gallego S.M. , Comba M.E. , Tomaro M.L. Relationship between antioxidant defense systems and salt tolerance in *Solanum tuberosum*. *Aust J Plant Physiol.* 2000; 27: 273-278. doi: 10.1071/PP99138
46. Bethke P, Jansky S (2018) Effects of boiling and filtration on the content of potassium and other minerals in potatoes. *J Food Sci* 73(5): H80–H85
47. Bloom Zandstra M. Walters W, Heinen M. , Rust CWJ, Smit RW, Smit AL Perspectives on growth of salt-tolerant cash crops: a case study with potatoes. *Factory Res. Int. Bus. Agricultural Systems Unit Res.* 2014; 572:36.
48. BOHS, L., 2007 Phylogeny of the genus *Solanaceae* based on ITS sequence data. *Sifomandra Solanum Taxon*, vol. 56, no. 4, pp. 1012-1026. <http://dx.doi.org/10.2307/25065901>
49. Bonya, H. Tokas, J. ; Moore, F. s. ; Booker, A. Malik, A. Singh, N. Deciphering reserve mobilization, antioxidant potential, and expression analysis of starch synthesis in sorghum seedlings under salt stress. *Plants* 2021
50. Bouaziz D., Jabr R., Charafeddine S., Saidi M.N., Qarkouri Bouzid R. The transcription factor StDREB1 is involved in the oxidative stress response and enhances salt stress tolerance. *Plant Cell. Worship of tissue organs.* 2015; 121: 237-248. doi: 10.1007/s11240-014-0698-7.
51. Bündig C., Jozefowicz A.M. , Mock H.-P. Winkelmann T. Proteomic analysis of two differentially responsive potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes after osmotic stress treatment in vitro. *J. Proteomics.* 2016; 143: 227-241. doi: 10.1016/j.jprot.2016.04.048.
52. but rather. Maheshwari, H.S. Grewal Magnetic Treatment of Irrigation Water: Its Impact on Vegetable Crop Productivity and Agricultural Water Productivity. *Water Management*, 96 (2009), pp. 1229-1236.
53. Céccoli G., Ramos J.C. , Ortega L.I. , Acosta J.M. , Perreta M.G. Salinity induced anatomical and morphological changes in the roots of *Chloris gayana* cunth. *Biocell.* 2011; 35:9-17. doi: 10.32604/biocell.2011.35.009.
54. Chakraborty K. , Mondal S. Ray S. , Samal B. Pradhan B. , Chattopadhyay K. , Carr M. K. , Swain B. , Sarkar R. K. Tissue Tol-erance coupled with ionic discrimination can reduce the energy cost of salinity tolerance in rice. *Before. Botany.* 2020; 11:265. doi: 10.3389/FPLS.2020.00265.

55. Chakraborty K. , Mondal S. Ray S. , Samal B. Pradhan B. , Chattopadhyay K. , Carr M. K. , Swain B. , Sarkar R. K. Tissue Tol-erance coupled with ionic discrimination can reduce the energy cost of salinity tolerance in rice. *Before. Botany.* 2020; 11:265. doi: 10.3389/FPLS.2020.00265.
56. Changan SS, Taylor MA, Raygunde P, Dutt S, Kumar D, Lal MK, Kumar M, Tomar M, Singh B. Potato carotenoids. In: Raygond B. , Singh B. , Dot S. , Chakrabarti S. ,editors. potato. Springer; Singapore: 2020. Pages 151–171.
57. Charafeddine M., Charafeddine S., Ghazala E., Bouaziz D., Bouzid R.J. Investigation of the response to salinity of transgenic potato plants overexpressing the transcription factor StERF94. *C. Biosci.* 2019; 44 doi:10.1007/s12038-019-9959-2
58. Chaudhry A. , Kumar A. , Cor n. ROS and the oxidative burst: roots in plant development. *Vegetarian divers.* 2020; 42: 33–43. doi: 10.1016/j.pld.2019.10.002.
59. Chen M., Yang Z., Liu J., Zhu T., Wei X., Fan H., Wang B. Adaptation mechanism of salt extractants under saline conditions and its applications. *Int. J. Mol. Sci.* 2018; 19: 3668. doi: 10.3390/IJMS19113668.
60. Chindi A., Woldegiorgis G., Solomon A., Tesema L., Negash K., Lemaga B., Schulz S. Enhancing seed potato production using rapid multiplication techniques; Proceedings of the National Workshop on Potato Seed Tuber Production and Dissemination; Bahir Dar, Ethiopia. 12-14 March 2012; Addis Ababa, Ethiopia: Bahir Dar, Ethiopia: Ethiopian Institute of Agricultural Research (EIAR); Amhara Regional Agricultural Research Institute (ARARI); 2013. Pages 91–100.
61. Cleland J. Population growth in the world. Past, present and future. the environment. Resources. Economy. 2013.
62. Clouse S.D. Sasse JM Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev. Plant Buell.* 1998; 49: 427-451. doi: 10.1146
63. Cotting O., Koosman J. Ziemann SC, Lloyd JR Regulation of starch metabolism: an age of enlightenment? *Cor. Open. Plant Biol.* 2010; 13(3):321-329. DOI 10.1016/j.pbi.2010.01.003.
64. Dahal K., Li X.-Q. , Tai H., Creelman A., Bizimungu B. Improving potato stress tolerance and tuber productivity under a climate change scenario – a current overview. *Before. Botany.* 2019; 10:563. doi: 10.3389/FPLS.2019.00563.
65. Defoe A. , Croman B. , Ortiz O. Potatoes for sustainable global food security. *Potato precision.* 2014; 57: 185-199. doi: 10.1007/s11540-014-9265-1. [CrossRef]
66. Defoe A. , Croman B. , Ortiz O. Potatoes for sustainable global food security. *Potato precision.* 2014.
67. Denlin U, Stephan AB, Hori T, Luo W, Xu J, Schroeder JI Mechanisms of plant salt tolerance. *Trends in plant sciences.* 2014; 19: 371-379. doi: 10.1016/j.tplants.2014.02.001
68. Dobransky J. , Hungarian Tabori K. Your first one. In vitro tuberization in hormone-free systems on solid media and dormancy of potato microtubers. *Fruit vegetables. Cereal Science Biotechnology.* 2008
69. Dong, J. ; Zhao, F. ; Chen, J. ; Qu, L.; Jiang, S. ; Chen, J. ; Shen, X.; Shao, C. Land uses have changed the dynamics and controls of carbon and water exchange in the saline-alkaline Songnen plain in northeastern China. *Indian Colonel.* 2021
70. E.M. Al-Attar, K.Y. Al-Wasafi, E.S. Radwan, W.A. Abu Assi: The effect of magnetized water on the growth of yellow corn (*Zea mays*) seedlings. *ROM. Gee. Biophysics,* 29(2) (2019), pp. 39-50

71. Efimova MV, Khrybash VA, Boyko EV, Malofiy MK, Kolomychuk LV, Morgan OK, Federshbou AN, Mukhamatdinova EA, Kuznetsov VV. Brassinosteroid-induced priming of potato plants reduces oxidative stress and increases salt tolerance. *Dokl. Biol. Sci.* 2018; 478: 33-36. doi: 10.1134/S0012496618010106.
72. Eskandari, H., Ehsanpour, A. A., Al-Mansour, N., Bardania, H., Sutherland, D., Mohammad-Bayji, H. Rosmarinic acid inhibits apoptosis in *Solanum tuberosum* L. calli under high salinity. *Plant Physiol. Biochemistry.* 2020; 147: 54–65. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.12.003.
73. Etehadnia M., Waterer D., De Jong H., Tanino K.K. Scion and rootstock effects on ABA-mediated plant growth regulation and salt tolerance of acclimated and non-acclimated potato genotypes. *J. Plant growth regulation.* 2008; 27: 125-140. doi: 10.1007/S00344-008-9039-6.
74. F. Babalu, A. Majd, S. Arbabian, F. Sharivnya, F. Ghanati The effect of magnetic water on some growth traits and chemical components in rice (*Oryza sativa* L.) Hashemi variety *EurAsia J. BioSci.*, (2018), pp. 129-137
75. Farhangi-Abriz S., Ghassemi-Golezani K. Improvement of amino acid composition of soybeans under salt stress by salicylic acid and jasmonic acid. *J. Bot application. Food quality.* 2016;
76. Farid H.N., Ayoub S.M., Amjad M., Ahmed R. Salinity impairs the ionic, physiological and biochemical characteristics of potatoes. *Pakistan J. Agric. Sci.* 2016; 53:17–25. doi: 10.21162/pacgaz/16.4766.
77. Ferreira, S. J., Senning, M., Sonnewald, S., Kiesling, P. M., Goldstein, R., Sonnewald, U. (2010).
78. Flowers T.J. , Flowers SA Why is salinity such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural water management.* 2005; 78: 15-24. doi: 10.1016/j.agwat.2005.04.015.
79. Food and Agriculture Organization. (1991). *Global soil resources: explanatory note on the FAO global soil resources map.* World Soil Resources Report 66. Rome: Food and Agriculture Organization.
80. Friedman M. Chemistry, biochemistry and nutritional role of potato polyphenols: a review. *J Agric. Food Chemistry* 1997; 45:1523-1540. doi: 10.1021/jf960900s
81. From “Soil Salinity” in WaterWiki, the online knowledge and collaboration tool for the Community of Practice (CoP) on water-related activities and UNDP in Central and South-Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia. Archived copy 2007-08-12 on the Wayback Machine website
82. Gao HJ, Yang HY, Bai JB, Liang XY, Lu Y, Zhang JL, Wang D, Zhang JL, Niu SQ, Chen YL Structural and physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L) plants to salt stress Gradient. *Before. Botany.* 2015; 5 doi: 10.3389/FPLS.2014.00787.
83. Gholizadeh A., Saberioon M., Borůvka L., Wayayok A., Mohd Soom M.A. Leaf chlorophyll and nitrogen dynamics and their relationship to lowland rice yield for site-specific rice management. *Inf. the operation. agricultural.* 2017; 4: 259-268. doi: 10.1016/j.inpa.2017.08.002.
84. Ghosh S.C. , Asanuma K.I. , Kusutani A., Toyota M. Effect of salt stress on some chemical components and potato productivity. *Soil sciences. Plant Nutr.* 2001; 47: 467-475. doi:
85. Glatzmeiers, B. Roberts Self-consistent three-dimensional computer simulation of geomagnetic field reversal *Nature*, 377 (1995), pp. 203-209, 10.1038/377203a0

86. Glick B.R., Cheng Z., Czarny J., Duan J. Enhancement of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. *Eur. J. Patol Plant.* 2007; 119: 329-339
87. Gupta B., Huang B. Mechanism of salt tolerance in plants: physiological, biochemical and molecular characterization. *Int. J. Genome.* 2014; 2014:701596. doi: 10.1155/2014/701596
88. Gupta B., Huang B. Mechanism of salt tolerance in plants: physiological, biochemical and molecular characterization. *Int. J. Genome.* 2014; 2014:701596. doi: 10.1155/2014/701596.
89. H. Faiguenbaum M and P. Zunino, "Biology of Annual Crops," Pope. Choline System 2011
90. H. Mustafa: The effect of magnetized irrigation water on the fertilization process and potato productivity. *Agricultural precision.* 66 (2) (2020), p. 43-
91. H.B. Hassan, M. Hazin, A. Al-Oud, A.A.A. Al-Munim: Conclusion of the effect of magnetized water on salt-stressed wheat, *Arabic J. Science. Eng.*, 45 (2020), pp. 4517-4529.
92. He Y, Xia S. , Su Y, Wang H, Luo W, Su S, Xiao L. Brassinolide increases potato root growth in vitro in a dose-dependent manner and alleviates salinity stress. *Biomed Res.* 2016 doi: 10.1155/2016/8231873.
93. Heijmans, R.J. The impact of climate change on global potato production. *Am. J. Potato Res.* 2003; 80: 271-279. doi: 10.1007/BF02855363
94. Hermanova F., Barta J., Korn F. Wild potato species: characterization and biological potential of potato breeding. *Czech c. Genet. Plant strain.* 2007; 43: 73–81. doi: 10.17221/2069-CJGPB.
95. Heuer B, Nadler A. Growth and development of potatoes under salinity and water deficiency. *Aust. J. Agric. Res.* 1995; 46: 1477-1486. doi: 10.1071/AR9951477
96. Heuer B., Nadler A. Growth and development of potatoes under salinity and water deficiency. *Aust. J. Agric. Res.* 1995; 46: 1477-1486. doi: 10.1071/AR9951477
97. Heuer B., Nadler A. Growth and development of potatoes under salinity and water deficiency. *Aust. J. Agric. Res.* 1995; 46: 1477-1486. doi: 10.1071/AR9951477
98. -Hijmans, R.J. Spooner, D. M. (2001). "Geographic distribution of wild potato species". *American Journal of Botany* 88 (11): 2101–doi: 10.2307/3558435. JSTOR 3558435. PMID 21669641. "Writing the evolutionary history of the origin of the potato." University of Wisconsin-Madison. October 3, 2005. Retrieved January 23, 2024.
99. Hirasawa T. , Sato K. , Yamaguchi M. , Narita R. , Kodama A. , Adachi S. , Okawa T. , Sato K. Differences in dry matter yield, grain yield, and photosynthesis rate in barley cultivars under long-term salinity. *By producing the hamza.* 2017; 20: 288-299. doi: 10.1080/1343943X.2017.1343647.
100. Holmes, J.W. (1960). Groundwater balance and groundwater levels in deep sandy soils in upper south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*
101. Houben, SJG (2017). "Current potato production in Algeria; An explorative research of the current potato production systems in two regions". Wageningen Research. Report WPR-693.
102. Howard, Leland Ossian (1900). The main insects that affect tobacco plants. US Department of Agriculture. s. 20.45*
103. Hussein M. , Kochar A. , Rahman I. Screening of CIP potato clones for salinity tolerance in pot and field conditions. *Lawyer agricultural plants.* 2018; 8: 573-580. doi: 10.15406/apar.2018.08.00388

104. Hussein Wani S. , Brajendra Singh N. , Haribhushan A. , Iqbal Mir J. Compatible solute engineering in plants to tolerate abiotic stress - the role of glycine betaine. *Cor. Genomics*. 2013; 14: 157-165. doi: 10.2174/1389202911314030001
105. Hussein Wani S. , Brajendra Singh N. , Haribhushan A. , Iqbal Mir J. Compatible solute engineering in plants to tolerate abiotic stress - the role of glycine betaine. *Cor. Genomics*. 2013; 14: 157-165. doi: 10.2174/1389202911314030001.
106. I. Vaskina, I. Roi, L. Plyatsuk, R. Vaskin, O. Yakhnenko
107. I.J. Lin, J. Yotvat Exposing irrigation and drinking water to a magnetic field whose strength and direction can be controlled
108. IJ Tetlow, E Bertoft - *International Journal of Molecular Sciences*, 2020 - mdpi.com
109. In front of. *Plant Science*, 5 (2014), p. 445, 10.3389/fpls.2014.00445
110. Ishikawa T., Shabala S. Control of xylem loading and transport to the stem in rice and barley as a determinant of tolerance to differential salinity stress. *Physiol. the plant*. 2019; 165: 619-631. doi: 10.1111/ppl.12758.
111. J Magn. *Magn Matter*, 83 (1990), pp. 525-526
112. J. *Atmos. Sol. Terri. Phys.* , 69 (2007), pp. 1770-1774, 10.1016/j.jastp.2006.12.004
113. *J. Ecol. Eng.*, 21 (2) (2020), pp. 251-260
114. Jaarsma R., de Boer A.H. Salinity tolerance of two potato (*Solanum tuberosum*) cultivars is related to differences in vacuolar transport activity. *Before. Botany*. 2018; 9:737. doi: 10.3389/FPLS.2018.00737.
115. Jain NK, Roy I. Effect of trehalose on protein structure. *Protein Science*. 2009; 18:24–36. doi: 10.1002/pro.3.
116. Jennifer A. Wolfe, *Potatoes in the Human Diet*, Cambridge University Press, 1987)
117. Jha G., Choudhary O.P. Sharda R. Comparative effects of saline water on yield and quality of potatoes under drip and furrow irrigation. *Coconut Food Agric*. 2017; 3:369345. doi: 10.1080/23311932.2017.1369345.
118. Jha G., Choudhary O.P. Sharda R. Comparative effects of saline water on yield and quality of potatoes under drip and furrow irrigation. *Coconut Food Agric*. 2017; 3:369345. doi: 10.1080/23311932.2017.1369345.
119. John Gregory Hawkes (J.G. Hawkes) book entitled “The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources,” which was published in 1994
120. Joshi R. , Sahu K. K. , Singh A. K. , Anwar K. , Bondir B. , Gautam R. K. , Krishnamurthy S. to. , Sopori S. K. , Barrick A. Singla Parikh S. to. Enhancing trehalose biosynthesis improves yield potential in marker-free transgenic rice under drought, salt and sodium conditions. *J. Exp Bot*. 2020; 71: 653-668. doi: 10.1093/jxb/erz462
121. Jubeir Qouba R., Charafeddine S., Al-Louz W., Saeedi M.N., Drera N., Qarqouri-Bouزيد R., Nouri-Al-Louz A. Investigation of response to salinity and oxidative stress of somatic interspecific hybrid potatoes grown in a greenhouse. *Plant Cell. Worship of tissue organs*. 2015; 120: 933-947. doi: 10.1007/S11240-014-0648-4.
122. Jubeir Qouba R., Charafeddine S., Al-Louz W., Saeedi M.N., Drera N., Qarqouri-Bouزيد R., Nouri-Al-Louz A. Investigation of response to salinity and oxidative stress of somatic interspecific hybrid potatoes grown in a greenhouse. *Plant Cell. Worship of tissue organs*. 2015; 120: 933-947. doi: 10.1007/S11240-014-0648-4.
123. Kanayama Y. Physiological roles of polyols in horticultural crops. *J.Jpn. SOC. Horticultural. the sciences*. 2009; 78: 158-168. doi: 10.2503/jjshs1.78.158.

124. Katerji N., van Hoorn JW, Hamdy A., Mastrorilli M. Effect of salinity on crop growth and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural water management*. 2003; 62: 37–66. doi: 10.1016/S0378-3774(03)00005-2.
125. Kaya C, Tuna AL, Yucás I. Role of phytohormones in plants under salinity stress. *Salinity water stress*. 2009; 44: 45–50
126. Kim I.S. , Park S. Structural characteristics of three Chenopod halophytes lacking salt secretion structures. *J. Plant Bio*. 2010; 53: 314-320. doi: 10.1007/S12374-010-9119-6.
127. Kim TH, Hauser F, Ha T, Xue S, Boehmer M, Nishimura N, Munemasa S, Hubbard K. , Bin N, Li PH, et al. Chemical genetics reveals negative regulation of abscisic acid signaling by the plant immune response pathway. *Cor. Biol*. 2011; 21:990-997. doi: 10.1016/j.cub.2011.04.045.
128. Kolomeichuk L.V. , Efimova M.V. , Zlobin I.E. , Kreslavski V.D. ,Morgan O.K. , Kovtun I.S. , Khripach V.A. , Kuznetsov V.V. , Allakhverdiev S.I. 24-Epibrassinolide mitigates the toxic effects of sodium chloride on photosynthesis processes in potato plants. *Photosynthesis*. 2020; 146: 151-163. doi: 10.1007/S11120-020-00708-Z
129. Kronenberg k ,2005 Magneto hydrodynamics: The effect of magnetic on fluids GMX international
130. Kumar D., Ezekiel R. Developmental changes in sugars and dry matter content of potato tubers in subtropical climates. *Horticultural sciences*. 2006; 110: 129-134. doi: 10.1016/j.scienta.2006.06.022.
131. Lal MK, Kumar A, Raygunde P, Dutt S, Shanjan SS, Chaurasia KN, Tiwari RK, Kumar D, Sharma S, Chakrabarti SK, et al. Effect of starch storage condition on glycemic index and resistant starch of cooked potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Starch Starke*. 2020; 73:1900281. doi: 10.1002/star.201900281.
132. Lal MK, Tiwari RK, Kumar R, Naga KC, Kumar A, Singh B. , Raygond B. , Dutt S, Chaurasia KN, Kumar D, et al. Effect of potato apical leaf curl disease on glycemic index and resistant starch of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) *Food Chemistry* 2021; 359:129939. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129939.
133. Levy D, Veilleux R.E. Adaptation of potatoes to high temperatures and salinity - a review. *Am. J. Potato Res*. 2007; 84: 487-506. doi: 10.1007/BF02987885] .
134. Levy D, Fogelman E, Isaac J. Effect of water salinity on potatoes (*Solanum tuberosum* L.): physiological indicators and production capacity. *Potato precision*. 1988; 31: 601-610. doi: 10.1007/BF02361852.
135. Levy D. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to salinity: plant growth and tuber yield in the arid desert of Israel. *Anne Apple. Biol*. 1992; 120: 547-555. doi: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb04914.x.
136. Levy D., Coleman W.K., Veilleux R.E. Adaptation of potatoes to water shortages: irrigation management and enhancement of drought and salinity tolerance. *Am. J. Potato Res*. 2013; 90: 186-206. doi: 10.1007/s12230-012-9291-y.
137. Levy D., Coleman W.K., Veilleux R.E. Adaptation of potatoes to water shortages: irrigation management and enhancement of drought and salinity tolerance. *Am. J. Potato Res*. 2013; 90: 186-206. doi: 10.1007/s12230-012-9291-y.
138. Levy D., Veilleux R.E. Adaptation of potatoes to high temperatures and salinity - a review. *Am. J. Potato Res*. 2007; 84: 487-506. doi: 10.1007/BF02987885
139. Lewis CE, Walker JRL, Lancaster JE, Sutton KH Identification of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes I: colorful cultivars of *Solanum Tuberosum* L. J.

- Sci. Agricultural food. 1998; 77:45-57. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<45::AID-JSFA1>3.0.CO;2-S.
140. Li Q, Chen Y, Hu X, Li J, Ding H, Xiong Rep. 2020;10:1-19. doi: 10.1038/S41598-020-62057-0
141. Li Q, Chen Y, Hu X, Li J, Ding H, Xiong Rep. 2020;10:1-19. doi: 10.1038/S41598-020-62057-0.
142. Linné, C. (1753). *Species Plantarum*
143. Liu et al. 2007
144. Liu, L. Wang, B. Protection of halophytes and their uses for saline-alkali soil cultivation in China. *Biology* 2021.
145. Londhe S. Potato cultivation in soils affected by abiotic stress in India. *Cor.* 2016; 111:21–22. doi: 10.4160/978-92-9060-433-4.
146. Lotaladeo N. ,Castaldi L. Potato: hidden treasure. *J. Food Fertilizer. Anal.* 2009; 22: 491-493. doi: 10.1016/j.jfca.2009.05.002. [CrossRef] [Google Scholar]
147. Lowry, K. s. (2005). Salinity hazards and risk mapping: an interdisciplinary approach to Australia's complex landscapes. *Proceedings of the International Salinity Forum, 25-27 April* (pp. 281-284). Riverside, CA: Center for Water Science and Policy.
148. M. A. Nour, W. Ahmed, Afzal, A. Salama, M. Best, A. Ahmed, Z. Ming, and. What activates pea seeds by preparing them with magnetic water and Philippine agricultural moringa leaf extract. *Science*, 99(2) (2016), pp. 171-175.
149. M. Abedinpour, E. Rouhani: The effect of adding magnetized water on soil and corn growth indicators under different amounts of salt in water. *C. Water Desalination and Reuse*, 7(3) (2017), pp. 319-325.
150. M. Hazin, A. Al-Oud, A.A.A. Al-Moneim, N.B. Salah
151. M.E. Maffei Effects of magnetic fields on plant growth, development and development
152. Machado R.M.A. , Serralheiro R.P. Soil salinity: effect on the growth of vegetable crops. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Gardening.* 2017; 3:30. doi: 10.3390/horticulture3020030.
153. Machado R.M.A. , Serralheiro R.P. Soil salinity: effect on the growth of vegetable crops. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Gardening.* 2017; 3:30. doi: 10.3390/horticulture3020030.
154. Magnetization:
155. Minorsky, Do geomagnetic variations affect plant function?
156. Mons R. , Gillham M. Crop Salinity Tolerance – What Does It Cost? *New vitol.* 2015; 208: 668-673. doi: 10.1111/nph.13519
157. Mons R. , tester m. Salinity tolerance mechanisms. *Annu. Rev. Plant Buell.* 2008; 59: 651-681. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
158. MPA Fisher, L. Radzihovsky Quantitative indiscernibility in chemical reactions *Proc. Natl. Almost. Sci-fi. USA*, 115(20) (2018), p. E4551-
159. Murshid R., Najla S., Albesky F., Qasim E., Jabour M., Al-Saeed H. Use of growth parameters for laboratory screening of potato varieties tolerant to salt stress. *J. Agric. Sci. Technol.* 2015; 17: 483-494.
160. N. Azimi, A. Majd, T. Najadsatari, F. Ghanati, S. Arbabian Effect of magnetically treated water on the physiological properties of *Lens culinaris* L. *Iran J. Sci. Technol. via. Science*, 2018 (42)

161. Nachmias A., Kaufman Z., Livescu L., Tsrer L., Meiri A., Caligari PDS Effects of salinity and its interactions with disease incidence on potatoes grown in hot climates. *Plant parasites*. 1993; 21: 245-255. doi: 10.1007/BF02980946
162. Nadjaha , (1971) Le Souf de oasis Edition la Maisson de liveres Alger, P171
163. Naik PS, Widholm JM Comparison of tissue culture and whole plant responses to salinity in potatoes. *Plant Cell. Worship of tissue organs*. 1993; 33: 273-280. doi: 10.1007/BF02319012
164. Naik PS, Widholm JM Comparison of tissue culture and whole plant responses to salinity in potatoes. *Plant Cell. Worship of tissue organs*. 1993; 33: 273-280. doi: 10.1007/BF02319012.
165. Naik PS, Widholm JM Comparison of tissue culture and whole plant responses to salinity in potatoes. *Plant Cell. Worship of tissue organs*. 1993; 33: 273-280. doi: 10.1007/BF02319012.
166. Negrão S., Schmöckel S.M. , Tester M. Evaluation of the physiological responses of plants to salinity stress. *Anne Boat*. 2017; 119:1-11. doi: 10.1093/AOB/MCW191.
167. Newman J. , Romhold F. Radical secretion of carboxylic acids and protons in plants suffering from phosphorus deficiency. *Plant soil*. 1999; 211: 121-130. doi: 10.1023/a:1004380832118
168. NIVAP, 2011 Catalogue néerlandais des variétés de pomme de terre, Baysbas, P285
169. Ödemiş B., Çalışkan M.E. Photosynthesis response of potato plants to soil salinity. *Türk Tarım ve Doğa Bilim. Dergisi-Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 2014; 1: 1429-1439
170. Ödemiş B., Çalışkan M.E. Photosynthesis response of potato plants to soil salinity. *Türk Tarım ve Doğa Bilim. Dergisi-Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 2014; 1: 1429-1439.
171. Okon O.G. The effect of salinity on physiological processes in plants. In: Jerry B. Pharma A. ,editors. *Microorganisms in saline environments: strategies and functions*. Springer; Berlin, Germany: 2019. Pages 237–262.
172. O'Malley, Dr. to. (1993). *Irrigation-induced salinity - a growing problem for development and the environment*.
173. Patrick Roussel, Yvon Robert and Jean-Claude Crosnier, *Potatoes: Production, Improvement, Enemies, Diseases, Uses*, Paris, Editions INRA - ITPT - ITCF, Collection. "I Understand Better", 1996, 607 p
174. Qadir, M. Quiero, E.; Nangia, F. ; Mortada, J.; Singh, M. ; Thomas, R. C. ; Drechsel, b. ; Noble, M. *The Economics of Salt - Land Degradation Induced by Restoration*. Nat Resor. Forum 2014
175. R, A. Al-Maluki, R. Al-Muzanin, M. Monkadi, A. Al-Bowari The effect of physical and chemical parameters on magnetic treatment of water E3S Web Conference 10.1051/e3sconf/202018305001
176. R. Al-Khatib, N. Abdo, L. Al-Aitan, R. Kafsha, A. Rousan The effect of magnetically treated water on the growth and development of the tobacco plant *Nicotiana tabacum* var. *Turkish Physiol. mall. Biol. Plants*, 26(5) (2020), pp. 1047-1054
177. R. Cai, H. Yang, J. He, W. Zhu Effects of magnetic fields on aqueous molecular hydrogen bonds *J. Mol. Structure* pp. 938 (2009)
178. R. Maghayweni, A. Al-Maluki, R. Al-Muzanin, M. Monkadi, A. Al-Bowari: The effect of the electromagnetic field on the electrical properties of medium water. *J.Chem. , 10 (5) (2020)*, p. 507-515
179. R. Plaisted, W. Fehr and H. Hadley, *Hybridization of Crop Plants*, New York, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1982, 483-494 pp.

180. Rahnema H., Vakilian H., Fahimi H., Ghareyazie B. Enhancement of salt stress tolerance in transgenic potato (*Solanum tuberosum* L.) plants expressing the bacterial mtID gene. *Acta Physiol. the plant.* 2011; 33: 1521-1532. doi: 10.1007/s11738-010-0690-8.
181. Raker, Celeste M.; Spooner, David M. (2002). "The Chilean tetraploid cultivated potato, *Solanum tuberosum*, distinct from the Andean population: microsatellite data" (PDF). *Crop Science* .42.doi:10.2135/cropsci2002.1451.University of Wisconsin. Archived from the original (PDF) on 26 March 2009. Retrieved 16 July 2010
182. Ramegowda V., Da Costa M.V.J. , Harihar S., Karaba N.N. , Sreeman S.M. Abiotic and biotic stress interactions in plants: a mutual tolerance perspective. In: Hussein M.A., Liu F., Burritt D., Fujita M., Huang B., editors. *Priming-mediated stress and cross-stress tolerance in crop plants.* Ambassador; Amsterdam, Netherlands: 2020. Pages 267–302.
183. Rasool S., Hameed A., Azouz M.M., Muneeb Rahman, Siddiqui T.W., Ahmed B. Salt stress: causes, types and responses in plants. In: Ahmed B., Azouz M.M., Prasad M.N.F., editors. *Ecophysiology and responses of plants under salt stress.* Springer; New York, NY, USA: 2012. Pages 1–24.
184. Raygond B. , Atkinson FS, Lal MK, Thakur N, Singh B. , Mishra T. Potato carbohydrates. In: Raygond B. , Singh B. , Dot S. , Chakrabarti S. ,editors. *potato.* Springer; Singapore: 2020. Pages 13–36
185. Rengasamy, B. (2002b). Clay dispersion. In N. McKenzie, K. Coughlan, and K. Cresswell (Eds.), *Soil physical measurement and interpretation for land evaluation*
186. Rengasamy, B. (2006). Salinity of the world with an emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*
187. Rengasamy, B. , and Olson, K. a. (1993). Irrigation and sodium. *Australian Journal of Soil Research.*
188. Rengasamy, B. , and Olson, K. a. (1993). Irrigation and sodium. *Australian Journal of Soil Research.*
189. Richardson K.V.A. , Wetten AC, Caligari PDS Cell and nuclear lysis in root meristems after potato (*Solanum tuberosum* L.) exposure to salinity. *Potato precision.* 2001; 44: 389-399. doi: 10.1007/BF02358598.
190. Ringasamy, B. (2002a). Transient salinity and subsoil constraints for dryland agriculture in Australian sodic soils: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*
191. Ritz, D. N., & Haynes, R. J. (2003). Effects of irrigation-induced salinity and sodium on soil microbial activity. *Soil biology and biochemistry.*
192. Roy SJ, Negrao S. , tester m. Salt-tolerant crop plants. *Cor. Open. Biotechnology.* 2014; 26: 115-124. doi: 10.1016/j.copbio.2013.12.004.
193. Ruiz-Lozano GM, Purcell R, Azcon C, Arocca R. Regulation by arboreal fungi of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. *J. Exp Bot.* 2012; 63: 4033-4044. doi: 10.1093/jxb/ers126.
194. Russell et al. 1996
195. S.A. Alawi, A.M. Ghazara, Ali Soleimani, Ali Banahpour Enhancing nutrient absorption in salt-stressed peppermint using magnetically treated water *Protoplasma*, 258 (2021), pp. 403-414.
196. Sadeghipour, B. Agay improving the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) by magnetized water
197. Sahnoune M , 1986 Contribution à l'étude des litières de volailles comme
198. Sahoo M.R. , Devi T.R. , Dasgupta M., Nongdam P., Prakash N. Reactive oxygen species scavenging mechanisms associated with polyethylene glycol-mediated osmotic

- stress tolerance in Chinese potatoes. *Sci. Rep.* 2020; 10:1-9. doi: 10.1038/S41598-020-62317-Z.
199. Sarker U, Oba S. Catalase, superoxide dismutase and glutathione ascorbate cycle enzymes confer drought tolerance to tricolor amaranth. *Sci. Rep.* 2018; 8:1-12. doi: 10.1038/s41598-018-34944-0.
200. Sarker U, Oba S. Salinity stress-induced response A. Tricolor growth, anatomy, physiology, non-enzymatic and enzymatic antioxidants. *Before. Botany.* 2020; 11:1-14. doi: 10.3389/FPLS.2020.559876.
201. Sarker U., Oba S. Salinity stress enhances color parameters, bioactive leaf pigments, vitamins, polyphenols, flavonoids, and antioxidant activity in selected amaranth leaf vegetables. *J.Sci. Agricultural food.* 2019; 99: 2275-2284. doi: 10.1002/JSFA.9423
202. Shabala, S. ; Wu, H. Bose, J. Salt stress sensing and early signaling events in plant roots: current knowledge and hypothesis. *Botany.* 2015
203. Shaw, C.; Chang, H. Song, C.; Zhou, J. ; Shabala, S. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *Innovation* 2020
204. Shrivastava B., Kumar R. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promotes bacteria as one of the tools to mitigate it. *Saudi J Biol. Sci-fi.* 2015
205. Shrivastava, B. ; Kumar, R. Soil Salinity: A Serious Environmental Issue and Plant Growth Promoting Bacteria as a Mitigation Tool 2015.
206. Singh M. , Kumar J. , Singh S. , Singh F. B. Prasad S. M. Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. *Rev. Environment. Biotechnology science.* 2015; 14: 407-426. doi: 10.1007/S11157-015-9372-8.
207. Singh m. , Kumar J. , Singh S. , Singh F. B. Prasad S. M. Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. *Rev. Environment. Biotechnology science.* 2015; 14: 407-426. doi: 10.1007/S11157-015-9372-8.
208. Sodic soils and their management.” www.fao.org. Viewed on 02/08/2023
209. Spooner, David M.; McLean, Karen. Ramsay, Gavin. Wu, Ruby; Brian, Glenn J. (September 29, 2005). "One domestication of potato based on polymorphic amplified fragment length genotyping". *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 102(41): 14694–99. Bibcode:2005PNAS..10214694S. doi: 10.1073/pnas.0507400102. BMC 1253605. PMID16203994.
210. Study of the magnetic water treatment mechanism
211. Sub·humide, semi·aride, et saharien en Algérie
212. Suwa R., Nguyen N.T. , Saneoka H., Moghaieb R., Fujita K. Effect of salinity stress on photosynthesis and vegetative apex in tobacco plants. *Soil sciences. Plant Nutr.* 2006; 52: 243-250. doi: 10.1111/j.1747-0765.2006.00024.x.
213. T. Balime et al.Genetic variation of potato in terms of phosphorus efficiency and estimation of phosphorus uptake in relation to root characteristics *J. Nutr Plant. Soil sciences.* (2009)
214. Talsma, T. (1963). Control of saline groundwater (Doctoral dissertation). Wageningen University. Reprint of Wageningen University Bulletin, 63
215. Tavakkoli E., Rengasamy P., McDonald G.K. High concentrations of Na and Cl ions in the soil solution have concurrent detrimental effects on the growth of Faba beans under salinity stress. *J. Exp Bot.* 2010; 61: 4449-4459. doi: 10.1093/jxb/erq251.
216. Teixeira da Silva and Dobránszki Magnetic reception in plants, *Plant.*10.1007/s10265-005-0246y

217. The effect of the magnetic field on the growth and yield of barley treated with different salinity levels
218. The National Security Agency. Evaluation of the effect of magnetizing irrigation water on improving yield and water productivity of some crops, *J. Agric. Sci-fi. Technol.*, 8 (2018), pp. 271-283.
219. Thiessen, K. (January 1, 2007). "History and Overview". *World Potato Atlas: Peru*. International Potato Center. Archived from the original on January 14, 2008. Retrieved 10 September 2008
220. Tiwari RK, Kumar R, Sharma S, Sagar V. , Agarwal R, Naga KC, Lal MK, Chaurasia KN, Kumar D, Kumar M Potato dry rot disease: current status, pathology and management. *3 Biotechnology*. 2020; 10:503. doi: 10.1007/s13205-020-02496-8.
221. Tiwari RK, Lal MK, Kumar R, Chaurasia KN, Naga KC, Kumar D, Das SK, Zinta J. Mechanistic insights into melatonin-mediated drought stress alleviation in plants. *Physiol. the plant*. 2020 doi: 10.1111/PPL.13307.
222. Tiwari RK, Lal MK, Naga KC, Kumar R, Chaurasia KN, Subhash S, Kumar D, Sharma SU Emerging roles of melatonin in alleviating abiotic and biotic stresses of horticultural crops. *Horticultural sciences*. 2020; 272:109592. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109592] .
223. Tiwari RK, Lal MK, Naga KC, Kumar R, Chaurasia KN, Subhash S, Kumar D, Sharma SU Emerging roles of melatonin in alleviating abiotic and biotic stresses of horticultural crops. *Horticultural sciences*. 2020; 272:109592. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109592.
224. Tuna AL, Kaya C., Higgs D., Murillo-Amador B., Aydemir S., Girgin AR Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *the environment. Earn. bot*. 2008; 62:10-16.
225. U Surendran, O. Sandeep, E.J. Joseph: The effect of magnetic treatment of irrigation water on the properties of plants, water and agricultural soil. *Water Management*, 178 (2016), pp. 21-29
226. Upadhyaya C.P., Venkatesh J., Gururani M.A., Asnin L., Sharma K., Ajappala H., Park S.W. Transgenic potatoes overproducing ascorbic acid resisted an increase in methylglyoxal under salinity stress by maintaining a higher reduction in glutathione level and glyoxalase enzyme activity. *Biotechnology. I wish*. 2011; 33: 2297-2307. doi: 10.1007/s10529-011-0684-7.
227. van Niekerk, Harold; Silberbauer, Michael; Maluleke, Mmaphefo (2014). "Geographical differences in the relationship between total dissolved solids and electrical conductivity in South African rivers"
228. Vegetable crop production book 1991, written by Dr. Ahmed Abdel Moneim Hassan
229. Velasquez B. , Balzarini M. , Talesnik E. Salt tolerance variation among Argentine Andean potatoes (*Solanum tuberosum* L. subsp. *andigena*) *Potato Res*. 2005; 48: 59–67. doi: 10.1007/BF02733682.
230. Voisin A R , (2004) *Le Souf monographie* Ed EL·WALID P319
231. Wang L. , Liu Y. Lee D. , Feng S. , Yang J. , Zhang J. , Wang D. ,Gan Y. Improvement of salt tolerance in potatoes by overexpression of AtHKT1 gene. *BMC Plant Bio*. 2019; 19:1-15. doi: 10.1186/S12870-019-1963-Z.
232. Wang Z., Hong Y., Zhou J., Li Y., Niu Q., Yao J., Hua K., Bai J., Zhou Y., Shi H., et al. Loss of salt tolerance during tomato domestication conferred by variation in the Na/K transporter. *Embo c*. 2020:1–14. doi:10.15252/
233. *World Atlas of the Oceans* 2009

234. X.F. Bang Properties of the conductivity of protons in ice and the mechanism of magnetization of liquid water *Eur. Phys. C. B*, 49 (2006), p. 23, 10.1140/epjb/e2006-00020-6
235. Y. Biodivers. the environment. *Sci-fi. (GPS)*, 3(1) (2013), pp. 37-43
236. Y. Hu, J. Li, R. Li, Y. Niu, M. Cao, J. Luo Effect of magnetized water irrigation on antioxidant enzyme properties, ferritin and cadmium excretion in *Festuca arundinacea* during phytoextraction *J. Hazardous Materials.*, 438 (2022), Article 129527
237. Yang, W.; Yang, M. ; Wen, H. Jiao, Y. Global warming potential of CH₄ uptake and N₂O emission in saline-alkaline soils. *Atmos. the environment*. 2018
238. youth south eastern,PA
239. Zamotaeva, (1997) *Potato Production Guide* Moscom Ed Agropromiz date, P348 (in Russian)
240. Zandalinas S.I. , Mittler R., Balfagón D., Arbona V., Gómez-Cadenas A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiol. the plant*. 2018; 162:2-12. doi: 10.1111/ppl.12540.
241. Zhang N., Si H.J. , Wen G. , Du H.H. ,Liu B.L. , Wang D. Enhancement of drought and salinity tolerance in transgenic potato plants with the BADH gene from spinach. *Plant biotechnology. Republic* 2011; 5: 71–77. doi: 10.1007/S11816-010-0160-1
242. Zhang Z. , Mao B. , Li H, Zhou W, Takeuchi Y. , Yoneyama K. Effect of salinity on physiological characteristics, yield and quality of in vitro microtubers in potatoes. *Acta Physiol. the plant*. 2005; 27: 481-489. doi: 10.1007/S11738-005-0053-Z
243. Zhou X, Zhang N, Yang J. , Tang X., Wen Y., C.H. Functional analysis of StDWF4 gene in response to salt stress in potato. *Plant Physiol. Biochemistry*. 2018; 125: 63–73. doi: 10.1016/j.plaphy.2018.01.027.
244. Zhu J.K. Abiotic stress signals and responses in plants. *cell*. 2016; 167: 313-324. doi: 10.1016/j.cell.2016.08.029.