مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

تحليل العوامل الجغرافية والبيئية المؤثرة في نمو وإنتاجية نبات الأزولا بمنطقة الزاوية – ليبيا

فيصل ابراهيم الطاهر الشريف
قسم الجغرافيا، كلية التربية الزاوية/ جامعة الزاوية، ليبيا
Email: f.alshref@zu.edu.ly
https://ORCID-0009-0004-4122-901X

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل العوامل المناخية والبيئية المؤثرة في نمو وانتاجية نبات الأزولا بمنطقة الزاوية الواقعة في شمال غرب ليبيا، من خلال دراسة الخصائص المناخية السائدة، والعوامل المائية، وخصائص التربة، ومدى تأثيرها في كفاءة نمو النبات وانتشاره، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التجريبي، وقد أظهرت الدراسة بأن منطقة الزاوية تميزت بمناخ متوسطي شبه جاف، يتسم بارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف واعتدالها نسبيًا في فصل الشتاء، مع تذبذب كميات الأمطار وارتفاع معدلات التبخر نتيجة زيادة الإشعاع الشمسي وطول فترة السطوع، وتوصلت الدراسة إلى أن درجات الحرارة وملوحة المياه تمثلان العاملين الأكثر تأثيرًا في نمو وإنتاجية الأزولا، إذ حقق النبات أعلى معدلات النمو في درجات حرارة مياه تراوحت بين **20–28°م**، وفي مياه منخفضة الملوحة، لا تتجاوز ملوحتها **1.0 dS/m**، بينما انخفضت الإنتاجية تدريجيًا مع ارتفاع درجات الحرارة والملوحة، وظهر التأثير بصورة واضحة عند بلوغ الملوحة **4.0–5.5 dS/m.** كما بينت النتائج أن الرقم الهيدروجيني القريب من التعادل أو القلوية الخفيفة **(7.2–7.9)** وفر بيئة أكثر ملاءمة للنمو، وأن الموقع الداخلي أظهر إنتاجية أعلى مقارنة بالموقع الساحلي نتيجة انخفاض ملوحة المياه وتراجع تأثير تداخل مياه البحر، وخلصت الدراسة إلى أن منطقة الزاوية تمتلك مقومات طبيعية مناسبة لاستزراع نبات الأزولا، إلا أن هذه الملاءمة تختلف مكانيًا وموسميًا تبعًا لتباين الظروف البيئية، وأوصت الدراسة باختيار مصادر مياه منخفضة الملوحة، وتجنب فترات الحرارة المرتفعة، والتوسع في الاستزراع خلال فصلي الشتاء والربيع، مع تعزيز برامج البحث والإرشاد الزراعي لدعم استخدامه بوصفه مصدرًا للأعلاف والسماد الحيوي، بما يسهم في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز كفاءة استغلال الموارد الطبيعية في المنطقة.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

Analysis of the Geographical and Environmental Factors Affecting the Growth and Productivity of Azolla in the Al-Zawiya Region, Libya

D.Faisel Ibrahem altaher alshareef
Email: f.alshref@zu.edu.ly

Abstract:

This study aimed to analyze the climatic and environmental factors affecting the growth and productivity of **Azolla** in the Al-Zawiya region, located in northwestern Libya. It examined the prevailing climatic characteristics, water-related factors, and soil properties, as well as their influence on the growth performance and distribution of the plant. The study adopted both the descriptive-analytical and the experimental approaches. The findings revealed that Al-Zawiya is characterized by a semi-arid Mediterranean climate, with high temperatures during the summer and relatively moderate temperatures in the winter, in addition to fluctuating rainfall and high evaporation rates resulting from intense solar radiation and prolonged sunshine duration.

The results indicated that water temperature and salinity were the two most influential factors affecting the growth and productivity of Azolla. The highest growth rates were achieved when water temperatures ranged between **20 and 28°C** and water salinity did not exceed **1.0 dS/m**. In contrast, productivity declined progressively with increasing temperature and salinity, with a marked reduction observed when salinity exceeded **4.0–5.5 dS/m**. Furthermore, the findings demonstrated that water with a near-neutral to slightly alkaline pH (**7.2–7.9**) provided the most favorable conditions for Azolla growth. The inland study site exhibited higher productivity than the coastal site due to its lower water salinity and the reduced influence of seawater intrusion.

The study concluded that the Al-Zawiya region possesses favorable natural conditions for Azolla cultivation; however, this suitability varies spatially and seasonally according to environmental conditions. The study recommends the use of low-salinity water sources, avoiding cultivation during periods of extreme heat, and expanding Azolla cultivation during the winter and spring seasons. It also emphasizes the importance of strengthening agricultural research and extension programs to promote the use of Azolla as a source of animal feed and biofertilizer, thereby supporting sustainable agricultural development and improving the efficient utilization of natural resources in the region.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

المقدمة:

يشهد القطاع الزراعي في ليبيا، ولا سيما في منطقة الزاوية، تحديات متزايدة تتعلق بتراجع خصوبة التربة، وارتفاع تكاليف مدخلات الإنتاج، وتذبذب الموارد المائية، الأمر الذي يدفع نحو البحث عن حلول مستدامة لتحسين الإنتاج الزراعي، ويعد نبات الآزولا أحد أهم البدائل الحيوية فقد أثبتت الدراسات فعاليتها في رفع خصوبة التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل، نظراً لاحتوائه على نسب عالية من البروتين والعناصر الغذائية، إضافةً إلى قدرته على تثبيت النيتروجين الجوي من خلال علاقته التكافلية مع بكتيريا الأنابينا مما يقلل بدرجة واضحة من الاعتماد على الأسمدة الكيميائية مرتفعة التكلفة.

ومن المنظور الجغرافي، فإن استخدامه في مشروع التوسع الزراعي بمنطقة الزاوية يتطلب تحليلاً مكانياً دقيقاً للعناصر البيئية الطبيعية، بما في ذلك المناخ السائد، ونوعية التربة، وإمكانية الوصول إلى المياه السطحية والجوفية، وتشير الدراسات الجغرافية في إقليم الساحل الغربي الليبي إلى أن المنطقة تتسم بتباينات واضحة في خصائص التربة وتوزيع الموارد المائية، مما يستوجب اختيار المواقع الزراعية الملائمة بعناية قبل تطبيق أي نظام زراعي جديد. **(El-Bassel, A. A., & Ghazi, E. M. 1996،70-108)** تمتلك المنطقة قدرات تنموية واعدة يمكن تطويرها في حال إدماج النباتات المائية مثل الآزولا بشكل علمي ومنهجي، وبناءً على ذلك، يعتمد هذا البحث على مراجعات علمية متخصصة، وتحليل للعوامل الجغرافية، بهدف الوصول إلى توصيات عملية تدعم اتخاذ القرار الزراعي المستدام في المنطقة.

مشكلة البحث:

على الرغم من الإمكانات الكبيرة للنبات في تحسين الإنتاج الزراعي وخفض تكاليفه، فإن منطقة الزاوية لم تشهد حتى الآن تطبيقاً منهجياً واسعاً لهذا النبات ضمن مشروعات التوسع الزراعي، كما أن ندرة الدراسات الجغرافية التي توضح مدى ملاءمة أراضي المنطقة ومناخها لاستخدام الآزولا تُمثل فجوة معرفية تستدعي الدراسة، وعليه تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الرئيس التالي:

س– ما مدى ملاءمة الظروف الجغرافية في منطقة الزاوية لاستخدام النبات في مشاريع التوسع الزراعي؟

ويتفرع من السؤال الرئيسي التساؤلات التالية:

- ما الخصائص الجغرافية والطبيعية لمنطقة الزاوية، وما مدى ملاءمتها لنمو وإنتاجية نبات الأزولا؟
- ما أكثر العوامل الجغرافية والبيئية تأثيرًا في نمو وإنتاجية النبات، وما الحدود الحرجة التي يبدأ عندها النبات بفقدان كفاءته الإنتاجية؟

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

- ما أبرز التحديات البيئية والاقتصادية والفنية التي تحد من انتشار زراعته النبات في منطقة الدراسة؟
- ما التوصيات والإجراءات المناسبة لتحسين الإنتاجية وتعزيز استغلاله في المجالات الزراعية والبيئية بمنطقة الزاوية؟

أهداف البحث: يهدف البحث إلى:

1. التعرف على الخصائص الجغرافية لمنطقة الزاوية ذات الصلة بنمو النبات.
2. الكشف عن أكثر العوامل الجغرافية والبيئية تأثيراً في الإنتاجية، وتحديد العتبات الحرجة التي عندها يبدأ النبات في فقدان قدرته الإنتاجية.
3. رصد المعوقات التي تواجه انتشار زراعة الأزولا واقتراح توجهات عامة للتطوير.
4. تقديم توصيات علمية تسهم في تحسين الإنتاجية وتعزيز استغلاله في المجالات الزراعية والبيئية.

أهمية البحث: تنبع أهمية البحث من النقاط التالية:

1. إضافة معرفة جغرافية وزراعية جديدة حول إمكانية زراعة النبات في البيئة الليبية عامة، ومنطقة الزاوية خاصة.
2. تحديد الفترات الموسمية الملائمة للاستزراع، لتجنب من مخاطر الإجهاد الحراري ويُحسن كفاءة استخدام الموارد في ظل الاحتباس الحراري.
3. يسهم في تعزيز الاستدامة الزراعية وتقليل استخدام الأسمدة الكيميائية الملوّثة.
4. يدعم المزارعين من خلال توفير علف وسماد منخفضي التكلفة.

فرضيات البحث: يمكن صياغة الفرضيات على النحو الآتي:

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين الخصائص الجغرافية لمنطقة الزاوية ومستوى نمو وإنتاجية الأزولا.
2. تختلف درجة تأثير العوامل الجغرافية والبيئية في النمو والإنتاجية، وتوجد حدود حرجة لبعض هذه العوامل تؤدي إلى انخفاض كفاءة النمو والإنتاجية.
3. تؤثر التحديات البيئية والاقتصادية والفنية سلبًا في انتشار زراعة الأزولا بمنطقة الزاوية.
4. يسهم تطبيق التوصيات العلمية والإدارة المثلى للعوامل البيئية في تحسين إنتاجية نبات الأزولا وزيادة فرص نجاح استزراعه في منطقة الدراسة.

حدود البحث:

أولاً: الحد المكاني: تتمثل الحدود المكانية في موقعين أساسيين:

- الموقع الأول: منطقة ساحلية قريبة من البحر الأبيض المتوسط.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

- الموقع الثاني: منطقة داخلية زراعية جنوب مدينة الزاوية.

ثانياً: الحد الزمني: يشمل البحث فترة زمنية تمتد على عام زراعي كامل لمتابعة نمو نبات الآزولا ومعدلات إنتاجيته، خلال المواسم المختلفة لسنة 2025م.

منهج الدراسة: اعتمدت الدراسة على مجموعة من المناهج المتكاملة التي تتناسب مع طبيعة موضوع البحث وأهدافه، تمثلت في المنهجين الوصفي التحليلي، والتجريبي، فقد استخدم المنهج الوصفي التحليلي في دراسة الخصائص الجغرافية والمناخية والبيئية لمنطقة الزاوية، وتحليل أثرها في نمو وانتشار وإنتاجية نبات الأزولا، بينما وظف المنهج التجريبي من خلال إجراء تجربة ميدانية، تهدف للوصول إلى تقييم أكثر شمولًا لمدى ملاءمة الظروف الجغرافية والبيئية السائدة بمنطقة الزاوية لاستزراع الأزولا.

المفاهيم والمصطلحات

1.الوزن الطازج (Fresh Weight): هو وزن النبات مباشرة بعد جمعه من الحوض دون تجفيف، ويشمل كمية الماء داخل أنسجة النبات، يقاس عادةً بكيلوجرام لكل متر مربع (كجم/م^2) ، ويُستخدم لتقدير سرعة النمو والإنتاجية الأولية. **(التومي، وآخرون، 2020، 139–146)**

2.الوزن الجاف(Dry Weight) : هو وزن النبات بعد تجفيفه في فرن عند درجة حرارة حوالي **70°م** حتى ثبات الوزن، ويعبر عن كمية المادة العضوية الفعلية دون تأثير محتوى الماء، لذلك يُعد مؤشرًا أدق للإنتاجية البيولوجية. **(التومي، وآخرون، مرجع سابق، 139–146)**

3.نسبة التغطية(%) : تمثل النسبة المئوية من سطح الحوض التي يغطيها نبات الأزولا، ويمكن تقديرها بصريًا أو باستخدام شبكة قياس أو تحليل الصور الرقمية، وهي مؤشر على سرعة انتشار النبات وقدرته على التكاثر داخل الحوض .**(بالحسن، محمد، 2018 223–260)**

4.درجة حرارة المياه: تقاس باستخدام ميزان حرارة رقمي أو جهاز متعدد الوظائف، وتعد من أهم العوامل المؤثرة في نشاط الأزولا؛ إذ يحقق النبات أفضل نمو عند درجات حرارة تقارب **20–30°م.** **(Lipps et al., 2023)**

5.(التوصيل الكهربائي)EC : يقاس بواسطة جهاز **EC Meter**، ويستخدم لتقدير ملوحة المياه بصورة غير مباشرة، فكلما زادت قيمة EC دل ذلك على ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة، وهو ما قد يحد من نمو النبات. **(عبد الرحمن، إسماعيل م.، وآخرون. 2024، 28–34)**

6.الرقم الهيدروجيني(pH) : يقاس بواسطة جهاز **pH Meter**، ويبين طبيعة المياه:

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

- أقل من:7 مياه حمضية .
- **قيمة** :7 مياه متعادلة .
- أكثر من:7 مياه قلوية. **(عبد الرحمن، وآخرون. مرجع سابق ،28-34)**

الدراسات السابقة :

1- دراسة عبد العال، أحمد محمد وآخرون، (2011)، بعنوان: "التراكم الحيوي للمعادن الثقيلة بواسطة نبات الأزولا في المياه الملوثة، بمدينة القاهرة بجمهورية مصر العربية"، هدفت الدراسة إلى تقييم قدرة النبات على امتصاص وتراكم بعض المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكادميوم والنحاس من الوسط المائي، وأظهرت الدراسة قدرها العالية على امتصاص المعادن الثقيلة مع استمراره في النمو، ما يشير إلى إمكانية استخدامه في تنقية المياه الملوثة بيئيًا.

2-دراسة الحامد والحسيني (2023)، بعنوان: "استخدام نبات الأزولا (Azolla pinnata) في علائق فروج اللحم وتأثيره في المحتوى المايكروبي للأمعاء وصفات الذبيحة"، هدفت الدراسة إلى تأثير إدخال النبات في تغذية الدواجن على معدلات النمو وكفاءة التحويل الغذائي، وقد توصلت نتائجها إلى تحسن في مؤشرات النمو وانخفاض نسبي في تكاليف الأعلاف، مع عدم وجود تأثيرات صحية سلبية.

3-دراسة أحمد محمد طه، حمدي خليفة، (2024)، بعنوان: "تأثير المحاليل المغذية المختلفة في إنتاجية الأزولا بمدينة الجيزة تحت الظروف المصرية"، وهدفت الدراسة إلى تقييم تأثير أنواع مختلفة من المحاليل المغذية على الكتلة الحيوية والقيمة الغذائية للنبات، وأظهرت الدراسة زيادة واضحة في معدل النمو والإنتاجية عند استخدام محاليل مغذية متوازنة مقارنة بالطرق التقليدية.

4-دراسة المصري، داليا سعيد، (2025) بعنوان: "تأثير مستخلص نبات الأزولا على أداء المجترات، وأُجريت الدراسة في مزرعة ومعمل تغذية الحيوان بقسم الإنتاج الحيواني بكلية الزراعة، جامعة المنوفية"، ودرست تأثير إضافة مستخلص Azolla pinnata إلى علائق الأغنام الأوسيمي على معاملات الهضم والقيمة الغذائية وميزان النيتروجين وتخمرات الكرش وقياسات الدم والحالة المناعية، أما على المستوى المحلي فلا توجد دراسات منشورة ومتخصصة بشكل مباشر عن الأزولا في منطقة الزاوية، وهو ما يمنح الدراسة الحالية قيمة علمية عالية لكونها تسد فجوة بحثية في البيئة الليبية.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

المحور الاول:

الإطار المفاهيمي والعلمي لنبات الأزولا (التعريف، التصنيف، الخصائص، والأهمية البيئية).

أولا- التعريف والتصنيف العلمي للنبات:

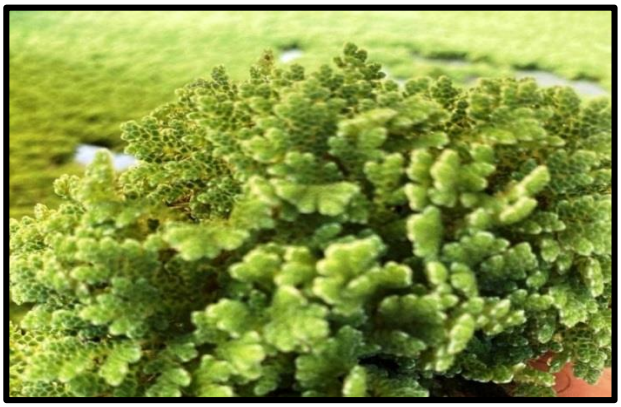
يُعد نبات الأزولا من النباتات السرخسية المائية العائمة، وينتمي إلى شعبة السرخسيات وفصيلة يتميز هذا النبات بصغر حجمه وسرعة نموه، وينتشر غالباً فوق أسطح المياه الراكدة أو بطيئة الجريان، ويُعرف النبات بعلاقته التكافلية الفريدة مع بكتيريا Anabaena azollae، والتي تعيش داخل تجاويف النبات، حيث تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي وتحويله إلى مركبات يستفيد منها النبات (Wagner, 1997, pp. 3–5).

ثانيا- الخصائص العامة للنبات:

1- الخصائص الشكلية والمورفولوجية:

يتكون النبات من أوراق صغيرة متراكبة، ذات لون أخضر يميل إلى الأحمر في بعض الظروف البيئية، ولاسيما عند تعرضه للإجهاد الحراري أو الضوئي، وتنقسم الأوراق إلى فصين: فص علوي يحتوي على الطحالب التكافلية، وسفلي مغمور في الماء يساعد في امتصاص العناصر الغذائية كما يمتلك النبات جذوراً دقيقة غير متفرعة تساعده على تثبيته في الوسط المائي وامتصاص المغذيات الموجودة في الماء الصورة (1).(Wagner, 1997, p. 5)

الصورة (1)



تصوير الباحث: الدراسة الميدانية 2025م.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

2- الخصائص الفسيولوجية: تتمثل الخصائص الفسيولوجية للأزولا في قدرتها العالية على البناء الضوئي وتثبيت النيتروجين الجوي، مما يجعلها من أكثر النباتات المائية كفاءة في تحسين خصوبة الوسط المائي والتربة، وتتميز الأزولا بمعدل نمو مرتفع، حيث يمكن أن تتضاعف كتلتها الحيوية خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز عدة أيام في الظروف البيئية الملائمة، وهو ما يعكس كفاءتها العالية في استغلال الموارد البيئية المتاحة.

(Lumpkin & Plucknett, 1982, pp. 39–53).

3- التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية: تحتوي الأزولا على نسبة مرتفعة من البروتين تتراوح بين 20% و30% من الوزن الجاف، إضافة إلى احتوائه على عناصر معدنية مهمة مثل: الحديد، والكالسيوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، كما تحتوي على مجموعة من الفيتامينات، مما يجعلها مصدراً غذائياً مهماً يُستخدم كعلف للحيوانات والدواجن والأسماك، فضلاً عن استخدامها كسماد أخضر في الزراعة المستدامة **(Wagner, 1997, pp 11–20)**

أ- القيمة السمادية: تُعد الأزولا من أفضل الأسمدة الحيوية الطبيعية، نظرًا لقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي من خلال علاقتها التكافلية مع بكتيريا، مما يسهم في تحسين خصوبة التربة، وزيادة محتواها من المادة العضوية، وتقليل الحاجة إلى الأسمدة النيتروجينية الكيميائية، وبالتالي خفض تكاليف الإنتاج الزراعي وتحقيق الاستدامة البيئية **(Wagner, 1997, pp. 3).**

ب- القيمة العلفية: تمتلك قيمة علفية مرتفعة لاحتوائها على نسبة عالية من البروتين، بالإضافة إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والأحماض الأمينية الأساسية، مما يجعلها علفًا مكملًا مناسبًا للدواجن والأسماك والمجترات والأرانب، ويسهم في تحسين كفاءة الإنتاج الحيواني وخفض تكاليف الأعلاف عند استخدامها ضمن علائق غذائية متوازنة **(Lumpkin & Plucknett, 1980؛ Hasan & Chakrabarti, 2009)**

4- الخصائص البيئية والتكيفية: يمتلك النبات قدرة نسبية على التكيف مع البيئات المائية المختلفة، إلا أنه يفضل المياه العذبة أو شبه العذبة ذات الملوحة المنخفضة، كما ينمو بكفاءة في درجات حرارة معتدلة، ويتأثر سلباً بالحرارة المرتفعة والملوحة العالية، وتُظهر بعض الأنواع قدرة محدودة على التكيف مع الظروف البيئية القاسية، مما يجعل دراسة الخصائص البيئية المحلية أمراً ضرورياً قبل التوسع في زراعته.**(Wagner, 1997, p. 9)**

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

ثالثا – الأهمية البيئية للنبات:

تتمثل الأهمية البيئية في دوره في تحسين جودة المياه من خلال امتصاص العناصر الغذائية الزائدة وتقليل نمو الطحالب الضارة، كما يسهم في تثبيت النيتروجين وزيادة خصوبة التربة، إضافة إلى دوره في الحد من تآكل التربة وتحسين البنية الفيزيائية للوسط الزراعي، ويُعد النبات أحد المكونات المهمة في النظم البيئية المائية والزراعية المستدامة. **(Wagner, 1997, p. 11)**

رابعاً – الاستخدامات الزراعية والاقتصادية للنبات:

يتميز النبات بتعدد استخداماته الزراعية والاقتصادية، إذ يمكن توظيفه بوصفه سمادًا حيويًا ومصدرًا للكتلة الحيوية والعلف الحيواني، كما يدخل في بعض تطبيقات معالجة المياه وإنتاج الطاقة الحيوية، وتنبع أهميته الاقتصادية من سرعة نموه وإمكانية إنتاج كميات من الكتلة الحيوية في مساحات محدودة وبكلفة إنتاجية منخفضة نسبيًا، الأمر الذي يجعله من الموارد النباتية الواعدة في نظم الزراعة المستدامة والاقتصاد الحيوي.(Korsa, G. Alemu D., & Ayele, A. 2024 ,p8)

المحور الثاني:

الازولا بين الاحتياجات الجغرافية المثلى والإمكانيات المتاحة بالمنطقة.

أولا– موقع منطقة الزاوية وإمكانية استزراع نبات الأزولا:

تقع مدينة الزاوية في الساحل الغربي لليبيا، إلى الغرب من العاصمة طرابلس بنحو 45كم، عند دائرة عرض 32.75°شمالًا وخط طول 2.72° شرقًا، وتطل مباشرة على البحر الأبيض المتوسط، ويحدها من جهة الغرب مدينة صرمان، ومن الشرق منطقة بلدية الجفارة، وجنوبًا نطاق جبال نفوسة، وهو ما يمنحها موقعاً جغرافياً مهماً خاصة في دراسة التباين بين البيئات الساحلية والمناطق الداخلية، وجعلها من المناطق التي تمتلك مقومات جيدة لممارسة الأنشطة الزراعية بما في ذلك استزراع النباتات المائية مثل نبات الأزولا.

ثانيا– العوامل المناخية:

تُعد العوامل المناخية من العناصر الأساسية التي تتحكم في نمو وتوزيع الكائنات الحية، ولاسيما النباتات، حيث تؤثر بصورة مباشرة في العمليات الحيوية المرتبطة بالنمو والتكاثر والبقاء، وتشمل هذه العوامل مجموعة من العناصر المناخية مثل: درجة الحرارة، والإشعاع الشمسي، والرطوبة، والأمطار، والرياح، التي تختلف في تأثيرها من نبات إلى آخر تبعًا لخصائصه البيولوجية ومتطلباته البيئية.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

تكتسب دراسة العوامل المناخية أهمية خاصة عند تناول النباتات المائية، مثل نبات الأزولا، نظرًا لحساسيتها النسبية للتغيرات المناخية، وسيما درجات الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي، ويساعد تحليل الخصائص المناخية السائدة في منطقة الدراسة على تفسير أنماط نمو النباتات وانتشارها، فضلاً عن تحديد مدى ملاءمة البيئة الظروف المحلية لزراعتها واستدامتها ضمن النظم الزراعية المختلفة (Wagner, 1997).

1- درجة الحرارة: يُعد نبات الأزولا من النباتات التي تتأثر بدرجات الحرارة؛ إذ تتراوح درجة الحرارة المثلى لنموه بين 20 و30°م، بينما تؤثر درجات الحرارة المرتفعة جداً -(اكثر من 35°م)- أو المنخفضة جدًا -(أقل من 10°م)- سلبًا في معدل نموه ونشاطه البيولوجي.

وبالرجوع إلى الخصائص المناخية لمنطقة الزاوية، يتبين أن:

- **فصل الشتاء (ديسمبر–فبراير)** :تتراوح درجات الحرارة غالبًا بين **12و20م°**، وهي مناسبة لبدء النمو، وإن كانت أقل قليلًا من المجال الأمثل في بعض الأيام .
- **فصل الربيع (مارس–مايو)** :تتراوح درجات الحرارة بين **18و30م°**، وهي الفترة الأكثر ملاءمة لتحقيق أعلى معدلات النمو والإنتاجية .
- **فصل الصيف (يونيو–أغسطس)** :تتجاوز درجات الحرارة غالبًا **35م°**، وقد تصل إلى أكثر من **40م°** خلال موجات الحر، وهو ما يؤدي إلى انخفاض واضح في معدل النمو نتيجة الإجهاد الحراري وزيادة معدلات التنفس .
- **فصل الخريف (سبتمبر–نوفمبر)** :تعود درجات الحرارة إلى الاعتدال تدريجيًا، مما يسمح باستئناف النمو بصورة جيدة.

2- الإضاءة وأشعة الشمس: يؤدي التعرض الزائد للضوء والاشعاع الشمسي إلى احتراق سطح الأزولا وتوقف نموها، إذ تحتاج إلى ضوء معتدل بنسبة (50–70%)، وتستقبل منطقة الزاوية أكثر من 3000 ساعة شمس سنويًا، وهو عامل يساعد على نمو النبات من خلال دعم عملية البناء الضوئي، إلا أن زيادة شدة الإشعاع خلال أشهر الصيف، بالتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة، قد تؤدي إلى زيادة حرارة المياه داخل الأحواض، وبالتالي انخفاض كفاءة النمو.

لذلك يُعد توفير تظليل جزئي بنسبة (30–40%) خلال الصيف إجراءً مناسبًا للمحافظة على درجة حرارة المياه ضمن الحدود الملائمة.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

3- الرطوبة النسبية:

أ-تحتاج الأزولا إلى رطوبة عالية نسبيًا تتراوح بين) 85–90%) لضمان بقاء المياه في الحوض وتجنب جفاف السطح.

ب-تتميز منطقة الزاوية برطوبة نسبية معتدلة تتراوح الرطوبة في الزاوية بين 50–75%، تتأثر بالرياح الساحلية، ما يستلزم مراقبة مستمرة لمستوى المياه في الأحواض(**Hasan et al, 2009**) .

وهذا يعني ما يلي:

- النمو طبيعي في الشتاء والربيع.
- يحتاج إلى دعم إضافي صيفًا عبر الري الضبابي أو قرب مصادر مياه.

4- الأمطار: تتسم الأمطار في الزاوية بانخفاض نسبي، إذ تتراوح كمياتها بين (150–250 ملم سنويًا)، وتتركز خلال فصل الشتاء، وبناء على ذلك يعتمد نجاح زراعة الأزولا على الري الصناعي.

ثالثا- الموارد المائية في منطقة الزاوية:

تلعب المياه دورًا محوريًا في حياة النباتات، ولاسيما النباتات المائية، إذ تؤثر خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية، مثل الملوحة، ودرجة الحموضة (pH)، وتركيز العناصر الغذائية، في كفاءة النمو والانتشار، وقد يؤدي التغير في نوعية المياه إلى اختلال التوازن البيئي، مما ينعكس سلبًا على النباتات المائية من حيث معدل النمو والإنتاجية وفيما يلي الموارد المائية المتاحة في منطقة الزاوية:

1- المياه السطحية: تشمل المياه السطحية في منطقة الزاوية:

- الأودية الموسمية التي تنشط خلال فصل الشتاء.
- بعض البرك والمستنقعات المؤقتة الناتجة عن تجمع مياه الأمطار.
- قنوات الري المكشوفة في بعض المناطق الزراعية.

الخصائص العامة:

- موسمية وغير دائمة الجريان.
- تعتمد كمياتها على معدل الهطول المطري السنوي.
- تُعد غير كافية وحدها لاستدامة المشاريع الزراعية المائية، لكنها تمثل موردًا مساعدًا يمكن استغلاله في فترات الذروة المطرية.

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

2- المياه الجوفية: تُعد المياه الجوفية المورد المائي الرئيس في منطقة الزاوية، إذ تعتمد عليها الزراعة بدرجة كبيرة، وتتمثل مصادرها في الآبار العميقة ومتوسطة العمق.

الخصائص العامة:

- توفر نسبي على مدار العام.
- تتفاوت جودتها من منطقة إلى أخرى.
- تتأثر بالضخ الجائر والتداخل البحري في المناطق القريبة من الساحل.

رابعا- التربة السائدة بالمنطقة ومدى ملاءمتها لاستزراع الأزولا:

تُعد منطقة الزاوية غنية بتنوع الترب السائدة، بما في ذلك الترب الرملية الساحلية، والترب الرسوبية الطمية، والترب الجيرية، إضافة إلى الترب الملحية.

1. **الترب الرسوبية والطمية:** وهي الأكثر ملاءمة للاستزراع، وذلك بفضل قوامها المتوسط وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، إضافة إلى استقرارها البنيوي؛ مما يساعد على إنشاء الأحواض المائية بكفاءة.
2. **الترب الرملية الساحلية:** رغم انتشارها، فإنها أقل ملاءمة بسبب ارتفاع نفاذيتها، مما يؤدي إلى فقد الماء بالتسرب، إلا أنه يمكن تحسينها بإضافة مواد عضوية.
3. **الترب الجيرية:** فتمثل تحديًا نسبيا، ورغم ذلك يمكن التغلب على هذه المشكلة من خلال التحكم في نوعية المياه المستخدمة (Lumpkin & Plucknett, 1982, p. 23).
4. **الترب الملحية:** فهي الأقل ملاءمة، لكنها قد تُستغل إذا تم استخدام مياه منخفضة الملوحة مع أنظمة صرف مناسبة.

المحور الثالث:

الدراسة الميدانية لتقييم أثر العوامل البيئية في نمو نبات الأزولا وإنتاجيته بمنطقة الزاوية:

أولا- مواصفات الأحواض المستخدمة في الدراسة:

- نوع الحوض: حوض بلاستيكي مستطيل.
- الطول: 100 سم.
- العرض: 100 سم.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

- الارتفاع (العمق): 30 سم.
- عمق الماء أثناء التجربة: 20 سم.
- مساحة سطح الحوض: 1 متر².
- حجم الماء المستخدم: نحو 200 لتر لكل حوض.
- كمية نبات الأزولا عند بداية التجربة: 500 جم من النبات الطازج لكل حوض.

ثانيا: المقاييس المستخدمة في الدراسة.

الجدول (1) يبين المقاييس المستخدمة في الدراسة الميدانية واهميتها في التجربة

الرمز أو المصطلح	الاسم الكامل	وحدة القياس	ماذا يعني؟	أهميته في التجربة
EC	Electrical Conductivity (التوصيل الكهربائي)	dS/m	يقيس كمية الأملاح الذائبة في الماء. كلما ارتفعت قيمة EC زادت ملوحة المياه.	يحدد مدى ملاءمة المياه لنمو الأزولا.
dS/m	ديسي سيمنز لكل متر	dS/m	وحدة قياس الملوحة أو التوصيل الكهربائي للمياه.	تستخدم للمقارنة بين معاملات الملوحة المختلفة.
pH	Potential of Hydrogen (الرقم الهيدروجيني)	بدون وحدة	يحدد ما إذا كانت المياه حمضية أو متعادلة أو قلوية.	الأزولا ينمو بصورة أفضل في مياه يتراوح pH فيها بين 6.5– 7.5.
°م	درجة مئوية	°C	تقيس درجة حرارة الهواء أو الماء.	تؤثر مباشرة في سرعة نمو الأزولا ومعدل التكاثر.
كجم/م²	كيلوجرام لكل متر مربع	kg/m²	كمية الكتلة الحية المنتجة في وحدة المساحة.	مؤشر رئيسي للإنتاجية.
جم/م²	جرام لكل متر مربع	g/m²	الوزن الجاف للنبات بعد إزالة الماء منه.	يستخدم لتقدير المادة العضوية الحقيقية.
م²	متر مربع	m²	وحدة مساحة الحوض أو المساحة التي يغطيها النبات.	لتوحيد القياسات بين جميع الأحواض.
%	النسبة المئوية	%	تمثل نسبة تغطية الأزولا لسطح الماء أو نسبة الانخفاض أو الزيادة.	تستخدم لتقييم سرعة الانتشار.
R	معامل الارتباط (Correlation Coefficient)	من -1 إلى +1	يقيس قوة واتجاه العلاقة بين متغيرين.	يوضح العلاقة بين الحرارة أو الملوحة ومعدل النمو.
P	مستوى الدلالة الإحصائية (Probability Value)	قيمة احتمالية	يبين ما إذا كانت الفروق أو العلاقات ذات دلالة إحصائية.	إذا كانت P < 0.05 تعد النتائج ذات دلالة إحصائية.
ANOVA	Analysis of Variance (تحليل التباين)	—	اختبار إحصائي يقارن بين متوسطات عدة معاملات.	يستخدم لمعرفة تأثير الحرارة والملوحة في نمو الأزولا.
Two-way ANOVA	تحليل التباين الثنائي	—	يقيس تأثير عاملين في الوقت نفسه (مثل الحرارة والملوحة)، وكذلك تأثير تفاعلهما.	يحدد ما إذا كان تأثير أحد العاملين يعتمد على مستوى العامل الآخر.

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على (APHA, 2023; Brady & Weil, 2017; FAO, 1987; Lumpkin & Plucknett, 1980; Taiz et al., 2015).

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

ثالثاً: الأجهزة المستخدمة في القياس

الجدول (2) يبين الاجهزة المستخدمة في التجربة

الجهاز	الاستخدام
ميزان إلكتروني رقمي	قياس الوزن الطازج والوزن الجاف
EC Meter	قياس ملوحة المياه (التوصيل الكهربائي)
pH Meter	قياس الرقم الهيدروجيني للمياه
ميزان حرارة رقمي	قياس درجة حرارة الماء والهواء
شريط قياس أو شبكة مربعات	تقدير نسبة تغطية الأزولا لسطح الحوض

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على:

APHA. (2023). ***Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*** **(24th ed.). American Public Health Association.**

رابعاً – التحليل الجغرافي لنتائج الدراسة التجريبية:

تُعد الدراسة الميدانية من أهم المناهج العلمية المستخدمة في تقييم استجابة النباتات للعوامل البيئية المختلفة، إذ تتيح التحكم في المتغيرات المؤثرة وتحليل أثرها بصورة دقيقة، مما يسهم في الوصول إلى نتائج علمية يمكن الاعتماد عليها في تفسير الظواهر الطبيعية وتقديم الحلول التطبيقية، ويُعد نبات الأزولا من النباتات المائية التي تتأثر بشكل مباشر بالتغيرات البيئية، ولا سيما درجات الحرارة، وملوحة المياه، والرقم الهيدروجيني، وجودة الموارد المائية، نظرًا لارتباط نموه بعلاقة تكافلية مع بكتيريا Anabaena azollae المسؤولة عن تثبيت النيتروجين الجوي، الأمر الذي يجعله من النباتات الواعدة في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة.

وانطلاقًا من ذلك، صُممت هذه الدراسة التجريبية لتقييم أثر أهم العوامل الجغرافية والبيئية المؤثرة في نمو وإنتاجية النبات، مع التركيز على تأثير درجة الحرارة، وملوحة المياه، والرقم الهيدروجيني، وخصائص الموارد المائية، من خلال متابعة مؤشرات النمو والإنتاجية خلال فترة الدراسة، وتحليل العلاقات الإحصائية بين المتغيرات البيئية واستجابة النبات. كما تهدف الدراسة إلى تفسير النتائج في ضوء الخصائص المناخية والبيئية السائدة بالمنطقة، وصولًا إلى تقييم مدى ملاءمة المنطقة للاستزراع الأزولا، واقتراح الأساليب المناسبة لتحسين إنتاجيتها وتعزيز الاستفادة منها في المجالات الزراعية والبيئية.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

1- المتوسطات العامة حسب معاملة الملوحة: يُظهر (الجدول 3) تدرجاً واضحاً في جميع مؤشرات الإنتاجية النباتية: (التغطية، الوزن الطازج، الوزن الجاف، معدل النمو) مع زيادة مستوى التوصيل الكهربائي (EC) من 1.0 إلى 5.5 dS/m ، في حين بقيت درجة حرارة المياه ضمن نطاق متقارب بين (27.22–27.55 °م) عبر جميع المعاملات، ويشير هذا التجانس في درجة الحرارة إلى أن الفروق المسجلة في الإنتاجية يعزى أساساً إلى عامل الملوحة، وليس إلى تباين درجات الحرارة، مما يُعزز على صلاحية التصميم التجريبي لعزل تأثير المتغير المستقل (EC) بشكل فعّال.

الجدول (3): المتوسطات العامة حسب معاملة الملوحة

المعاملة	حرارة المياه (°م)	EC (dS/m)	pH	التغطية (%)	الوزن الطازج (كجم/م²)	الوزن الجاف (جم/م²)	معدل النمو (%)
EC = 1.0	27.22	1.08	7.12	80.82	2.72	304.24	11.57
EC = 2.5	27.35	2.69	7.20	69.96	2.23	236.04	8.21
EC = 4.0	27.55	4.30	7.28	57.80	1.76	171.91	4.68
EC = 5.5	27.43	5.91	7.34	44.47	1.24	98.45	0.17

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

2- المتوسطات العامة حسب الموقع الجغرافي: يُعدّ التباين المكاني بين المواقع الجغرافية من المرتكزات الأساسية في الدراسات الجغرافية–البيئية، إذ إنّ الاختلافات في البُعد عن الساحل، وطبيعة التربة، ونوعية المياه الجوفية، قد تُترجم إلى فروق في الظروف البيئية المؤثرة في نمو النباتات: وفي إطار هذه الدراسة، تمّ اختيار موقعين جغرافيين ضمن منطقة الزاوية: أحدهما ساحلي والآخر داخلي، بهدف تقييم مدى تأثّر إنتاجية نبات الأزولا بالموقع الجغرافي عبر المقارنة بين متوسطات أهم المتغيرات البيئية والإنتاجية في كل منهما، وقد شملت المتغيرات المدروسة درجة حرارة المياه والهواء، والتوصيل الكهربائي (EC)، والرقم الهيدروجيني (pH)، فضلاً عن مؤشرات الإنتاجية المتمثلة في نسبة تغطية سطح الماء، والوزن الطازج والجاف، ومعدل النمو، يعرض (الجدول 4) المتوسطات العامة لهذه المتغيرات في الموقعين، مما يُتيح رصد أي فروق قد تعزى إلى الموقع الجغرافي، بمعزل عن تأثير معاملات الملوحة المُطبقة.

الجدول (4): المتوسطات العامة حسب الموقع الجغرافي

الموقع	حرارة المياه (°م)	EC (dS/m)	pH	التغطية (%)	الوزن الطازج (كجم/م²)	الوزن الجاف (جم/م²)	معدل النمو (%)
الموقع الداخلي	27.41	3.25	7.25	63.37	1.98	203.41	6.16
الموقع الساحلي	27.36	3.74	7.23	63.16	2.00	201.91	6.15

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

3- التفاعل الثنائي (المعاملة × الموقع): يظهر (الجدول 5) متوسطات التفاعل بين المعاملة والموقع لأبرز مؤشرات الإنتاجية والمتمثلة في نسبة التغطية، الوزن الطازج، الوزن الجاف، ومعدل النمو، وذلك عبر معاملات الملوحة والموقعين المدروسين، وتُتيح هذه النتائج تقييم أثر التفاعل بين المعاملة والموقع، ورصد أي فروق وأنماط مكانية يمكن أن تسهم في تُوجيه التوصيات العملية باختيار مواقع الاستزراع الملائمة.

الجدول (5): التفاعل الثنائي (المعاملة × الموقع):

المعاملة	الموقع	التغطية(%)	الوزن الطازج	الوزن الجاف	معدل النمو
EC=1.0	داخلي	80.90	2.70	306.27	11.74
EC=1.0	ساحلي	80.73	2.74	302.21	11.39
EC=2.5	داخلي	69.40	2.24	234.93	7.81
EC=2.5	ساحلي	70.52	2.22	237.15	8.60
EC=4.0	داخلي	57.59	1.77	176.32	4.39
EC=4.0	ساحلي	58.02	1.76	167.49	4.97
EC=5.5	داخلي	45.58	1.22	96.12	0.69
EC=5.5	ساحلي	43.36	1.26	100.78	-0.35

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

4 -التحليل الإحصائي:

أ- تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) (الجدول 6):

المتغير	F-statistic	p-value	التفسير
الوزن الطازج	591.18	1.93×10^{-95}	فرق معنوي عالي جداً($p < 0.01$)
الوزن الجاف	753.88	1.65×10^{-104}	فرق معنوي عالي جداً($p < 0.01$)
نسبة التغطية	47.21	8.63×10^{-23}	فرق معنوي عالي جداً($p < 0.01$)

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

تُظهر نتائج تحليل التباين الاحادي ANOVA أن مستويات الملوحة المختلفة قد أحدثت تأثيرات إحصائية معنوية في جميع مؤشرات الإنتاجية، مما يشير إلى أن الملوحة تمثل عاملاً محدداً رئيسياً في نمو نبات الأزولا.

ب- اختبار t المستقل - مقارنة الموقعين (الجدول 7)

المتغير	t-statistic	p-value	التفسير
الوزن الطازج	-0.166	0.868	لا يوجد فرق معنوي

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

لم يُسجل فرقٌ معنويٌ بين الموقع الساحلي والداخلي في مؤشرات الإنتاجية، مما يشير إلى أن محدودية تأثير الموقع الجغرافي عند ثبات مستويات الملوحة وتوحيد ظروف التجربة.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

ج- اختبار توكي HSD للمقارنات المتعددة: أظهرت جميع المقارنات بين المعاملات الأربعة فروقاً معنوية إحصائياً($p < 0.01$) ، مما يشير إلى أن زيادة مستوى الملوحة ارتبطت بانخفاض معنوي في الإنتاجية.

د- معاملات الارتباط (Pearson Correlation) (الجدول 8):

المتغير البيئي	الوزن الطازج	الوزن الجاف	التغطية
درجة حرارة المياه	r = -0.206 (ضعيف سالب)	r = -0.105 (ضعيف سالب)	r = -0.648 (متوسط سالب)
التوصيل الكهربائيEC	r = -0.938 (قوي سالب)	r = -0.950 (قوي سالب)	r = -0.649 (متوسط سالب)
الرقم الهيدروجينيpH	r = -0.568 (متوسط سالب)	r = -0.577 (متوسط سالب)	r = -0.471 (متوسط سالب)

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

يُعد التوصيل الكهربائي (EC) من أكثر العوامل البيئية ارتباطاً بالإنتاجية، إذ سجل ارتباطاً سالباً قوياً جداً مع الوزن الطازج (−0.938) والوزن الجاف (−0.950)، هذا يعني أن 91% من تباين الإنتاجية يُفسر بالملوحة.

هـ- التحليل الانحداري المتعدد

معادلة الوزن الطازج:

$$Y = 4.901 + (-0.028 \times 0.289-) + (\text{حرارة المياه} \times EC) + (-0.156 \times pH)$$

$R^2 = 0.915$ (91.5% مُفسر من التباين)

معادلة الوزن الجاف:

$$Y = 643.55 + (-1.582 \times 39.719-) + (\text{حرارة المياه} \times EC) + (-35.756 \times pH)$$

$R^2 = 0.913$ (91.3% مُفسر من التباين)

المعادلات تؤكد أن معامل EC هو الأكثر تأثيراً سلباً في الإنتاجية، يليهpH ، ثم حرارة المياه.

و - تحليل النسب المئوية للانخفاض في الإنتاجية (نسبةً إلى المعاملة المرجعيةEC=1.0)(الجدول 9)

المعاملة	انخفاض الوزن الطازج	انخفاض الوزن الجاف	انخفاض التغطية
EC = 2.5	18.0%	22.4%	13.4%
EC = 4.0	35.2%	43.5%	28.5%
EC = 5.5	54.4%	67.6%	45.0%

المصدر: الدراسة الميدانية 2025م

عند EC = 5.5 dS/m ، بلغ انخفاض الإنتاجية الطازجة (54.4%) في حين بلغ انخفاض الإنتاجية الجافة (67.6%)، مما يُشير إلى أن حساسية نبات الأزولا للعالية للملوحة، و ضعف نموه في المياه شديدة الملوحة.

مجلة الريادة للبحوث والأنشطة العلمية
Al-Riyadah Journal For Researches And Scientific Activities
العدد الرابع عشر
تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

5- التعليق العلمي الشامل:

أ- تأثير الملوحة (العامل الأكثر حسمًا) : تُظهر النتائج بوضوح أن الملوحة تعد العامل الأكثر تأثيراً في نمو الأزولا؛ فعند:

- **EC = 1.0 dS/m**: إنتاجية مثالية (2.72 كجم/م² طازج، 304 جم/م² جاف)
- **EC = 2.5 dS/m**: انخفاض مقبول (18–22%) – لا تزال صالحة للاستزراع
- **EC = 4.0 dS/m**: انخفاض متوسط (35–44%) – وإنتاجية محدودة
- **EC = 5.5 dS/m**: انخفاض حاد (54–68%) – وغير مجدية اقتصادياً.

ب- تأثير درجة حرارة المياه: سجلت درجة حرارة المياه ارتباطاً سالباً ضعيفاً إلى متوسط بالإنتاجية، ومع ذلك فإن التأثير الحقيقي يظهر في التفاعل مع الملوحة:

- عند **20–28°م**: نمو مثالي وتغطية تقارب ~95%
- عند **30–35°م**: انخفضت التغطية إلى ~68% حتى في المعاملة منخفضة الملوحة.
- خلال الاسبوعين **7–8** ومع ارتفاع درجات الحرارة صيفا سجل انخفاض حاد في جميع المعاملات.

ج- تأثير الموقع الجغرافي: لم يُسجل فرق معنوي بين الموقع الساحلي والموقع الداخلي، مما يشير إلى أن:

- لم تظهر العوامل الجغرافية المباشرة (الرياح، الرطوبة النسبية) تأثيرا مستقلاً.
- التأثير الساحلي يظهر عبر الملوحة) مياه جوفية أعلى ملوحة) وليس عبر الموقع ذاته.

د- الرقم الهيدروجيني (pH): سجل pH ارتباطاً سالباً متوسطاً (−0.57) مع الإنتاجية، مع أن المجال الأمثل هو 6.5–7.5، فإن ارتفاع pH المرتبط بزيادة الملوحة (7.2–7.9) كان مؤشراً على ضغط بيئي أكثر منه عامل مباشر.

أبرز التحديات البيئية والاقتصادية التي تحد من انتشار زراعة الأزولا في منطقة الزاوية:

من خلال تحليل الخصائص البيئية والدراسة الميدانية لمنطقة الزاوية، تبين وجود مجموعة من التحديات البيئية والاقتصادية التي قد تحد من انتشار زراعة نبات الأزولا والاستفادة منه على نطاق واسع، ويمكن تلخيصها فيما يأتي:

1. ارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف؛ إذ تتجاوز في المنطقة خلال بعض الفترات 35–40°م، مما يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر وارتفاع درجة حرارة المياه، وهو ما ينعكس سلبًا على معدل نموها وإنتاجيته.
2. تباين جودة الموارد المائية، إذ تختلف الخصائص الكيميائية للمياه من موقع إلى آخر، مما يستدعي إجراء فحوصات دورية لمستويات الملوحة والرقم الهيدروجيني قبل استخدامها في الاستزراع.

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

3. ارتفاع معدلات التبخر خلال فصل الصيف، وما ينتج عنه زيادة في تركيز الأملاح في الأحواض المائية، مما يستلزم تعويض المياه بصورة مستمرة للحفاظ على الظروف المناسبة للنمو.
4. قلة الخبرة الفنية لدى المزارعين في مجال استزراع الأزولا وإدارته، نظرًا إلى حداثة استخدامه نسبيًا في البيئة الليبية، مما يحد من تبني هذه التقنية على نطاق واسع.
5. ضعف الوعي بأهمية النبات بوصفه مصدرًا للأعلاف العضوية والسماد الحيوي، مما قد يقلل من الإقبال على زراعته والاستثمار فيه.
6. محدودية الدعم الفني والإرشاد الزراعي فيما يتعلق بإنتاج النبات وإدارة مزارعه، إلى جانب قلة البرامج التدريبية المتخصصة في هذا المجال.
7. صعوبة الحصول على سلالات عالية الجودة من النبات في السوق المحلية، مما يضطر بعض المزارعين إلى استيرادها أو الاعتماد على كميات محدودة منها للتكاثر.
8. ارتفاع التكاليف الأولية لإنشاء وحدات الاستزراع، والتي تشمل تجهيز الأحواض، وتوفير أنظمة الري والمتابعة، وأجهزة قياس جودة المياه، على الرغم من انخفاض تكاليف التشغيل نسبيًا بعد بدء الإنتاج.
9. التأثر بالتغيرات المناخية وما يصاحبها من موجات حر أو تغيرات في كمية الموارد المائية ونوعيتها، مما قد يؤثر في استدامة إنتاج الأزولا مستقبلاً.

النتائج والتوصيات:

أوّلاً- النتائج:

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، من أبرزها:

1- أظهرت الخصائص المناخية في منطقة الزاوية ملاءمة مقبولة لنمو النبات، مع وجود تذبذب موسمي يؤثر على إنتاجيته.

2- تبين أن توفر المياه يُعد من أهم العوامل المحددة لنجاح زراعة الأزولا، حيث يرتبط نموه بوجود مصادر مائية مستقرة ونظيفة نسبيًا .

3- توصلت الدراسة الى أن درجات الحرارة وملوحة المياه تمثلان العاملين الأكثر تأثيرًا في نمو الأزولا وإنتاجيتها كشفت الدراسة أن خصائص التربة في بعض مناطق الزاوية، خاصة من حيث الخصوبة والقدرة على الاحتفاظ بالماء، تدعم إمكانية زراعة الأزولا، بينما تحد الترب الرملية الفقيرة من انتشاره .

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

4- أظهرت النتائج أن النبات يمتلك قدرة عالية على تحسين خصوبة التربة من خلال تثبيت النيتروجين، مما يجعله أحد الخيارات المناسبة لاستخدامه كسماد أخضر .

5- يمكن لنبات أن يسهم بشكل ملحوظ في دعم التوسع الزراعي من خلال تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية وخفض تكاليف الإنتاج .

6- يُعد ضعف الوعي الزراعي والتقني لدى بعض المزارعين من أبرز العوائق التي تحد من انتشار استخدام الأزولا في المنطقة .

7- غياب البرامج الإرشادية والتجارب التطبيقية المنظمة أسهم في محدودية استغلال هذا النبات رغم إمكانياته .

ثانياً- التوصيات:

توصي الدراسة بما يلي:

1- ضرورة التوسع في إدخال النبات ضمن البرامج الزراعية في منطقة الزاوية لما له من دور في تحسين الإنتاجية الزراعية .

2- العمل على توفير مصادر مياه مناسبة ومستقرة لدعم زراعة الأزولا، خاصة في المناطق ذات الإمكانات العالية .

3- تنفيذ برامج إرشادية وتوعوية للمزارعين حول أهمية النبات وطرق زراعته واستخدامه كسماد أخضر أو علف .

4- تشجيع الجهات المختصة على إجراء تجارب ميدانية تطبيقية لتحديد أفضل الظروف المحلية لزراعة الازولا.

5- دعم استخدام النبات كبديل جزئي للأسمدة الكيميائية للحد من التكاليف وتقليل التأثيرات البيئية السلبية .

6- استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المناطق الأكثر ملاءمة لزراعة الأزولا .

7- تقديم الدعم الفني والمادي للمزارعين الراغبين في تبني زراعة الأزولا ضمن مشاريع التوسع الزراعي .

8- إجراء دراسات مستقبلية تعني بالجوانب الاقتصادية والتطبيقية لاستخدامها في ليبيا .

تاريخ الاستلام Received 6-7-2026 تاريخ القبول Accepted 25-8-2026 تاريخ النشر published 20-8-2026

قائمة المراجع والمصادر

أولا- المرجع باللغة العربية:

1. التومي، عمر أحمد، وآخرون. (2020). تأثير تلقيح شتلات النعناع بالفوسفورين والرش بخامس أكسيد الفوسفور في الصفات المورفولوجية والتركيب الكيميائي للنباتات. مجلة العلوم والتقنية، 2(3).
2. الحامد، أنوار محمد يونس، والحسيني، نهاد عبد الجبار. (2023)، استخدام نبات الأزولا (Azolla pinnata) في علائق فروج اللحم وتأثيره في المحتوى الميكروبي للأمعاء وصفات الذبيحة. مجلة العلوم الزراعية والبيئية والبيطرية، 7(3).
3. المصري، داليا سعيد. (2025). تأثير مستخلص نبات الأزولا على أداء المجترات، رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة المنوفية، مصر.
4. بالحسن، عادل أبريك محمد. (2018)، تدهور البيئة النباتية في حوض وادي الخبيري بهضبة الدفنة في ليبيا. مجلة أبحاث، 12.
5. عبد الرحمن، إسماعيل م.، وآخرون. (2024)، تقييم الجودة الكيميائية لعلامات تجارية مختارة من مياه الشرب المعبأة في تاجوراء، ليبيا. المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة، 6(2).
6. عبد العال، أحمد محمد، وآخرون. (2011). التراكم الحيوي للمعادن الثقيلة بواسطة نبات الأزولا في المياه الملوثة.
7. طه، أحمد محمد، وخليفة، حمدي. (2024)، تأثير المحاليل الغذائية المختلفة في إنتاجية نبات الأزولا (Azolla pinnata) تحت الظروف المصرية. المجلة المغربية للعلوم الزراعية، 5(3).

ثانيا- المراجع الاجنبية:

8. El-Bassel, A. A., & Ghazi, I. M. (1996). Cultivation and uses of Azolla in Egypt. In Biological nitrogen fixation associated with rice production.
9. Hasan, M. R., & Chakrabarti, R. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: A review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 531. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
10. Korsa, G., Alemu, D., & Ayele, A. (2024). Azolla plant production and their potential applications. International Journal of Agronomy, 2024, Article 1716440.
11. Lipps, W. C., Braun-Howland, E. B., & Baxter, T. E. (Eds.). (2023). Standard methods for the examination of water and wastewater (24th ed.). American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation.
12. Lumpkin, T. A., & Plucknett, D. L. (1982). Azolla as a green manure: Use and management in crop production. Westview Press.
13. Wagner, G. M. (1997). Azolla: A review of its biology and utilization. The Botanical Review, 63(1).