Journal of Insights in Basic and Applied Sciences
مجلة رؤى في العلوم الأساسية والتطبيقية
ISSN: 3106-1737
Volume 2, Issue 4, 2026, Pages: 384-400
Journal homepage: https://jibas.com.ly/index.php/jibas/en

Evaluation of Hydroponic Barley Fodder (Hordeum vulgare L.) Responses to Different Concentrations of Humic Acid and Seaweed Extract in Terms of Growth, Productivity, and Nutritional Quality

Rehab Mohammed Arbi Altawati *
Plant Production Technology Department, Higher Institute of Agricultural Technologies in Al-Gheran / Tripoli- Libya

تقييم استجابة العلف المائي المستنبت من الشعير (*Hordeum vulgare L.*) لمستويات مختلفة من حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية من حيث النمو والإنتاجية والجودة الغذائية

رحاب محمد عربي التواتي *
قسم تقنية الإنتاج النباتي، المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران/ طرابلس- ليبيا.

*Corresponding author: rehabmohammedarbyaltawati@gmail.com

Received: August 26, 2026	Accepted: October 25, 2026	Published: November 12, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This study aimed to evaluate the effects of humic acid and seaweed extract, applied at different concentrations, on the productivity and growth efficiency of hydroponic barley (Hordeum vulgare L.) fodder. The experiment was conducted under controlled conditions of temperature (17-22 °C) and relative humidity (approximately 60%) in the Soil and Water Laboratory at the Higher Institute of Agricultural Technologies, Al-Gheran, Tripoli, Libya. The experiment lasted 8 days, from sowing to harvest, using a hydroponic cultivation technique. A completely randomized design (CRD) with three replicates was employed, and distilled water was used in all treatments. The treatments comprised humic acid and seaweed extract, each at two concentrations (1.20 and 2.40 mL/L), in addition to an untreated control. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 0.05 level of significance.
Significant differences were observed among treatments for most traits. Humic acid at 2.40 mL/L (F1C2) produced the highest fresh mat weight (2513.3 g), dry matter percentage (37.55%), dry weight (771.31 g), and crude protein content (17.5%), outperforming the control. In contrast, seaweed extract at 2.40 mL/L (F2C2) yielded the highest calcium content (36.84 mg/100 g) and showed improvements in stem length and diameter, though not always statistically significant.
Overall, humic acid proved more effective in enhancing biomass accumulation and protein content, while seaweed extract demonstrated relative advantages in mineral enrichment, particularly calcium. The study recommends the application of humic acid at 2.40 mL/L to improve the nutritional quality and productivity of hydroponic barley fodder, with seaweed extract offering complementary benefits for mineral enhancement.

Keywords: Hydroponic Barley, Fodder Production, Humic Acid, Seaweed Extract, Organic Nutrients , Crude Protein, Calcium, Biostimulants.

الملخص
هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية بتراكيز مختلفة على إنتاجية وكفاءة نمو العلف المائي للشعير .(Hordeum vulgare L.) أُجريت التجربة تحت ظروف تحكم في درجة الحرارة (17- 22°C) و رطوبة نسبية حوالي 60% وذلك بمعمل التربة والمياه، في المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران ـ طرابلس / ليبيا. لمدة 8 أيام من الزراعة حتى حصاد المحصول باستخدام تقنية الزراعة المائية. حيث تم في التجربة استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (CRD) بثلاثة مكررات، مع استخدام الماء المقطر في جميع المعاملات. تضمنت المعاملات إضافة حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية بتركيزين مختلفين لكل منهما (1.20 و2.40 مل/لتر)، إضافةً إلى معاملة الشاهد، وتم تحليل البيانات باستخدام ANOVA واختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05.
أظهرت النتائج فروقًا معنوية بين المعاملات في معظم الصفات المدروسة. فقد سجلت معاملة حمض الهيوميك بتركيز 2.40 مل/لتر أعلى وزن رطب (2513.3 جم)، نسبة مادة جافة (37.55%)، وزن جاف (771.31 جم)، ومحتوى بروتين خام (17.5%)، متفوقًا على معاملة الشاهد. في المقابل، حقق مستخلص الأعشاب البحرية بتركيز 2.40 مل/لتر أعلى محتوى من الكالسيوم (36.84 ملجم/100 جم)، إضافةً إلى تحسينات في طول وقطر الساق، وإن لم تكن الفروق معنوية دائمًا.
تشير النتائج إلى أن حمض الهيوميك يُعد أكثر فاعلية في تعزيز الكتلة الحيوية والمحتوى البروتيني، بينما يُظهر مستخلص الأعشاب البحرية ميزة نسبية في رفع المحتوى المعدني، خاصة الكالسيوم. وعليه، توصي الدراسة باستخدام حمض الهيوميك بتركيز 2.40 مل/لتر لتحسين القيمة الغذائية والإنتاجية للعلف المائي للشعير، مع إمكانية الاستفادة من مستخلص الأعشاب البحرية لتعزيز الصفات المعدنية.

الكلمات المفتاحية: الشعير المستنبت، العلف المائي، حمض الهيوميك، مستخلص الأعشاب البحرية، المغذيات العضوية، البروتين الخام، الكالسيوم، المنشطات الحيوية.

المـــــقدمة:

يشهد العالم تحديات متزايدة في تأمين مصادر الأعلاف الحيوانية المستدامة، مدفوعةً بالنمو السكاني المتسارع والتغيرات المناخية التي تقلّص مساحات المراعي الطبيعية، إضافةً إلى ارتفاع تكاليف الأعلاف التقليدية مثل الذرة وفول الصويا (Bouajila et al., 2023). وفي هذا السياق برزت تقنية استنبات الأعلاف المائية (Hydroponic Fodder) كأحد الحلول الواعدة والمبتكرة لتوفير أعلاف خضراء مغذية باستخدام كميات قليلة من الماء وبمعزل نسبي عن الظروف البيئية الخارجية (Al-Karaki & Al-Momani, 2011; Ghirardi et al., 2024).

تُستخدم هذه التقنية بشكل شائع مع بذور الشعير (Hordeum vulgare) نظرًا لسرعة نموّها، إذ يمكن إنتاج كتلة حيوية خضراء غنية بالعناصر الغذائية خلال فترة زمنية قصيرة تتراوح بين 7 و8 أيام فقط (Elnour et al., 2022).

كما تتميّز هذه النظم بكونها أكثر كفاءة في استهلاك المياه مقارنةً بالزراعة التقليدية؛ فقد أظهرت دراسة أجريت في الأردن أن إنتاج طن واحد من العلف المائي استهلك نحو 1.48 م³ من المياه مقابل 83 م³ في الزراعة الحقلية (Al-Karaki & Al-Momani, 2011).

وتُشير دراسات أخرى إلى أن العلف المائي لا يُعدّ بديلاً كاملاً للأعلاف التقليدية بل مكمّلاً لها، لكنه يمثل خطوة استراتيجية نحو تحقيق الأمن الغذائي في المناطق الجافة وشحيحة الموارد (Singh & Kumar, 2023).

لذلك، فإن تقنية استنبات الأعلاف المائية تُعدّ خيارًا مستدامًا لتعزيز إنتاج الأعلاف وتقليل الضغط على الموارد الطبيعية في ظلّ التغيرات المناخية الراهنة.

على الرغم من أن بذرة الشعير تحتوي على مخزون غذائي ذاتي يدعم إنباتها ونمو العلف المائي في مراحله المبكرة، فإن إضافة منشّطات حيوية نباتية (Plant Biostimulants) مثل مستخلصات الأعشاب البحرية واحماض الهيوميك قد تحسّن نمو الجذور وامتصاص العناصر والماء وتحمل الإجهاد، مما قد يرفع إنتاجية وكفاءة العلف المائي.(Calvo et al., 2014; Deolu-Ajayi et al., 2022)

وهذا التوجّه يمثل نقلة نوعية في الفكر الزراعي في الألفية الجديدة، حيث لم يعد الهدف مقتصراً على تغذية النبات فحسب، بل تطوّر ليصبح "تمكين" النبات من النمو بشكل أفضل وأكثر كفاءة (du Jardin, 2012).

من بين أبرز هذه المنشّطات الحيوية يظهر مستخلص الاعشاب البحرية (Seaweed Extract) وهيوميك أسيد (Humic Acid) كمرشّحين فعّالين لتعزيز إنتاج العلف المائي.

ترتبط مستخلصات الأعشاب البحرية بتحفيز النمو الجذري والمجموع الخضري، إذ قد تعدّل المسارات الجزيئية والهرمونية داخل النبات، بما في ذلك مسارات الأوكسينات والسيتوكينينات، حتى عندما تكون مستويات هذه الهرمونات في المستخلص منخفضة (du Jardin, 2015; Shukla et al., 2021). وقد أظهرت دراسة حديثة أن مستخلص الأعشاب البحرية البني حسّن نمو الجذور وعدّل التعبير الجيني المرتبط بمسارات الأوكسين وحمض الأبسيسيك في نبات الشمندر السكري تحت الظروف المائية (Rathore et al., 2023).

وأكّد كلٌّ من (Canellas et al., 2015) وEl-Deeb وAbdel-Aal (2019) أن معالجة الشعير المستنبت المائي بحمض الهيوميك تُحفّز النشاط الإنزيمي والأيضي لمنطقة الجذور، ممّا يعزّز امتصاص العناصر والماء، ويُقوّي البساط الجذري، ويرفع نسبة البروتين والقيمة الغذائية للبراعم مقارنة بالري بالماء فقط.

أظهرت دراسة (Dung et al., 2010) أن استخدام المحلول المغذي في إنتاج براعم الشعير المائية أدى إلى ارتفاع طفيف في محتوى البروتين وانخفاض في المادة الجافة مقارنةً بماء الصنبور، مما يشير إلى إمكانية تحسين القيمة الغذائية للعلف المائي عبر تعديل بيئة التغذية المائية.

وقد اشارت أيضا (Alsudays et al., 2024) إلى أن استخدام أحماض الهيوميك والفولفيك في استنبات الشعير المائي قد يساهم في تحسين نمو وإنتاجية محصول.

على الرغم من التوسع في إنتاج الأعلاف المائية، إلا أن هناك نقصاً واضحاً في الدراسات المقارنة التي تقيّم تباين تأثير المنشطين العضويين السائلين (مستخلص الأعشاب البحرية والهيوميك أسيد) وتحديد التركيز الأمثل لكل منهما في نظام إنتاج علف الشعير المائي قصير الدورة.

نطرح هنا تساؤلات حول مدى اختلاف الاستجابة النباتية في النمو والإنتاجية والجودة الغذائية للعلف عند استخدام هذه المغذيات السائلة وبتركيزين مختلفين.

ومنها يهدف هذا البحث إلى تقييم وتحديد التأثير المقارن لاستخدام تركيزين مختلفين من كل من مستخلص الأعشاب البحرية والهيومك أسيد على مؤشرات النمو (طول النبات)، والإنتاجية (الوزن الرطب والجاف)، وستشمل معايير الجودة لتقييمات كيميائية من محتوى البروتين الخام، الكالسيوم.

ويسعى هذا البحث ليس فقط إلى تحديد المعاملة الأفضل من حيث الإنتاجية، بل أيضاً إلى فهم الآليات الفسيولوجية التي تقف وراء هذه الاستجابة، مما يوفر أساساً علمياً قوياً للمزارعين والمنتجين لتبني ممارسات زراعية أكثر كفاءة واستدامة في إنتاج الأعلاف.

المواد وطرق البحث:

أقيمت التجربة داخل غرفة الاستنبات (معمل) باستخدام التصميم العشوائي الكامل Completely) Randomized Design, CRD)لدراسة تأثير حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية بتراكيز مختلفة على نمو وإنتاجية العلف المائي للشعير. اشتملت التجربة على خمس معاملات هي: الهيوميك أسيد بتركيزين مختلفين F1C1) وF1C2)، ومستخلص الأعشاب البحرية بتركيزين مختلفين F2C1) وF2C2)، إضافة إلى معاملة المقارنة (F3) دون إضافة أي منشطات حيوية. تم تكرار كل معاملة ثلاث مرات، وبذلك بلغ العدد الكلي للوحدات التجريبية 15 وحدة (صينية استنبات)، وجرى توزيع المعاملات عشوائيًا على الوحدات التجريبية لضمان تجانس فرص المعاملات وتقليل تأثير العوامل غير المدروسة.

حُللت البيانات إحصائيًا باستخدام تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) للكشف عن معنوية الفروق بين المعاملات، كما تمت مقارنة المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05.

تم إجراء اختبار سرعة إنبات لبذور الشعير، وأظهرت النتائج أن بذور الشعير كانت ذات حيوية عالية، حيث بدأ الإنبات مبكراً وسريعاً خلال الأيام الأولي، وسجلت نسبة إنبات بلغت حوالي (96%) من إجمالي البذور المزروعة، وتشير النتائج إلى صلاحية البذور لإجراء التجربة الرئيسية وضمان تجانس النمو بين المعاملات.

3.1 الموقع:

ثم اجراء التجربة في المعهد العالي للتقنيات الزراعية بالغيران بمعمل التربة بقسم الإنتاج النباتي باعتباره غرفة استنبات. وذلك بتاريخ 26\1\2026 حيث تم وضع الصواني المستخدمة للاستنبات داخل المعمل مع محاولة التحكم في الظروف البيئية في المعمل، حيث كانت درجة الحرارة تتراوح بين 17-22 والرطوبة لا تتجاوز 60% لضمان توفير البيئة الملائمة وتوزيع المعاملات بشكل دقيق، واستخدام مياه الري بالماء المقطر ذو ملوحة معدومة.

. المواد المستخدمة:

- بذور شعير صنف واحد ومتجانس (محلي).
- نظام تقنية الزراعية المائية (صواني).
- ماء مقطر.
- مغذيين مختلفين بتركيزين مختلفين وهما مغذي الهيومك اسيد ومغذي الأعشاب البحرية.
- أجهزة قياس (درجة التفاعل (PH) ـ التوصيل الكهربي (EC) - قدمه ذات الورنية الرقمية لقياس قطر الساق- مسطرة – ميزان حساس وميزان رقمي)

نظام الزراعة المائية:

زرعت بذور الشعير في صواني من القصدير مخصصة ومزودة بفتحات لتصريف الماء، والري باستخدام ماء مقطر ومحلول مغذي حسب المعاملة، مع توحيد كمية الماء وعدد مرات الري لجميع المعاملات، واستمرت مدة النمو 8 أيام.

المعاملات:

تمت زراعة بذور الشعير من صنف ***Hordeum vulgare L*** محلي ، حيث استخدم نوعان من المغذيات بتركيزات مختلفة مع معاملة الشاهد:

1-هيومك اسيد F1

2-الطحالب البحرية F2

3-الشاهد F3

وكان لكل تركيز 3مكررات ومعاملة الشاهد كانت 3 مكررات والري ماء مقطر فقط حيث كان اجمالي عدد الصواني او المكررات المستخدمة 15.

خطوات التجربة وتحضير بذور الشعير:

1- وزن بذور الشعير الجافة بحيث يكون لكل صينية 500 جرام.
2- غسل البذور وتنظيفها من الشوائب والاوساخ وتنقعيها باستخدام الكلور لمدة لا تقل عن 10 دقائق لتقليل الاعفان.
3- بعد الغسل والتعقيم يتم نقع البذور لمدة لا تقل عن 12 ساعة قبل توزيعها في الصواني.
4- يتم توزيع البذور في الصواني المخصصة بعد ان تم تثقيبها الي 21 ثقب لتصريف أي مياه زائدة.
5- بعد ذلك يتم الري حسب القيم العلمية المتبعة والتي تنص أنَ كل صحن يستهلك 4 لتر ماء خلال دورة الزراعة بالكامل مع إضافة السماد وتوزع حسب الأيام.

المغذيات وتحضير تركيزاتها:
في اليوم الرابع من الاستنبات تم إضافة المغذيات حسب التراكيز المحددة وتوزيع المحلول المغذي المحضر عن كل يوم، مع التركيز على توحيد كمية الماء وعدد مرات الري ودرجة الحرارة والاضاءة ومدة النمو.
مغذي الهيومك اسيد:
1- يتم تحضير المغذي الأول من التركيز الأول **F1C1**
يتم تحضير 1.20 مللي من المغذي وإذابتها في 4لتر من الماء لكل صحن.
2- يتم تحضير المغذي الأول من التركيز الثاني **F1C2**
يتم تحضير 2.40 مللي وإذابتها في 4لتر في الماء لكل صحن.
وكان الري بمعدل يتراوح بين 1.20 لتر وبين 600مللي الي 400 مللي الي 100 حسب توزيع مياه الري المتبعة.
مستخلص الأعشاب البحرية:
1.يتم تحضير المغذي الثاني من التركيز الأول F2C1:
يتم تحضير 1.20من السماد وإذابتها في 4 لتر من الماء لكل صحن.
2. يتم تحضير المغذي الثاني من التركيز الثاني F2C2:
يتم تحضير 2.40 من السماد وإذابته في 4 لتر من الماء لكل صحن.
. **القياسات:**تم أخذ قياس طول النبات من بداية النمو الخضري باستخدام مسطرة، وتم أخذ قياسات قطر الساق من اليوم 7 و8 باستخدام جهاز القدمة ذات الورنية، كما تم تسجيل درجة حرارة الغرفة بواسطة (Thermometer) وفي يوم 4\2\2026 يوم الحصاد تم وضع العينات في فرن التجفيف لمدة 48 ساعة على درجة حرارة 60 وذلك لحساب الوزن الجاف للحصيرة وذلك لتحديد مستوي البروتين والكالسيوم .

وكانت القياسات المأخوذة كالتالي:

وزن الحصيرة الرطب الكلي

نسبة المادة الجافة تم أخذ نسبة المادة الجافة للعينات باستخدام القانون الاتي: (وزن العينة الجافة / وزن العينة الرطبة) × 100.

وزن الحصيرة الجاف الكلي حيث تم أخذ وزن الحصيرة الرطب الكلي بتاريخ 2026/4/2 (يوم الحصاد) باستخدام الميزان

ويُحسب كالتالي: الوزن الرطب الكلي × نسبة المادة الجافة / 100.

طول الساق: تم أخذ قياسات 10 نباتات بشكل عشوائي من كل صحن ومن كل تركيز وأخذ متوسطهم عن كل يوم ابتداء من النمو الخضري الي يوم الحصاد و تم القياس باستخدام المسطرة.

قطر الساق : حيث تم أخذ قياس صفة قطر الساق وذلك بعد ملاحظة فترة النمو المناسبة، وكانت عند اليوم السابع واليوم الثامن من بداية الإنبات، باعتبارهما من المراحل التي يقترب فيها النبات من اكتمال نموه الخضري قبل الحصاد.

وقد أُجريت القياسات باستخدام القدمة ذات الورانية الرقمية (Vernier caliper) لضمان دقة القياس، حيث تم اختيار عدد من 10 نباتات بشكل عشوائي من كل معاملة، ثم حساب المتوسطات للحصول على قيم تمثل كل معاملة بدقة.

نسبة البروتين ونسبة الكالسيوم : يتم تحديد نسبة البروتين والكالسيوم في علف الحصيرة بعد تجفيف العينات.











شكل (1) يوضح شكل الحصيرة للعلف المائي والإنتاجية في اليوم الثامن

التحليل الإحصائي:

تم توزيع الصواني باستخدام التصميم العشوائي الكامل (CRD)حيث استخدم نوعان من الأسمدة بتركيزين مختلفين مع معاملة الشاهد:

- حمض الهيومك.
- مستخلص الأعشاب البحرية.

جدول (1) يوضح تصميم التجربة CRD

معاملة المغذي	المكرر		
	R1	R2	R3
F1 هيومك اسد	C1	C1	C1
F1 هيومك اسد	C2	C2	C2
F2 اعشاب بحرية	C1	C1	C1
F2 اعشاب بحرية	C2	C2	C2
F3 الكنترول	ماء مقطر فقط	ماء مقطر فقط	ماء مقطر فقط

ـ النتائــج والمنـــــاقشة:

ـ تأثير أنواع ومستويات مختلفة من المغذيات على الصفات المدروسة في التجربة:

1. صفة الوزن الكلي الرطب للحصيرة:

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط	ab	A	B	Ab	B
	2197	2513.3	2092	2230	2052.6
جم					$LSD_{0.05}$=
190					CV%
					= 11.8%

جدول (2) يوضح تأثير أنواع ومستويات مختلفة من المغذيات على صفة الوزن الكلي الرطب للعلف

أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق معنوية بين المعاملات المختلفة في الوزن الكلي الرطب للحصيرة، حيث حققت المعاملة (F1C2) أعلى متوسط بلغ 2513.3جم، في حين سجلت معاملة المقارنة (F3) أقل متوسط بلغ 2052.6جم، بينما جاءت معاملات مستخلص الأعشاب البحرية والهيوميك أسيد بالتركيز المنخفض في مرتبة وسطية. وتشير هذه النتائج إلى أن إضافة المنشطات الحيوية أسهمت في تحسين إنتاج الكتلة الحيوية للعلف المائي، إلا أن درجة الاستجابة اختلفت باختلاف نوع المنشط الحيوي وتركيزه.

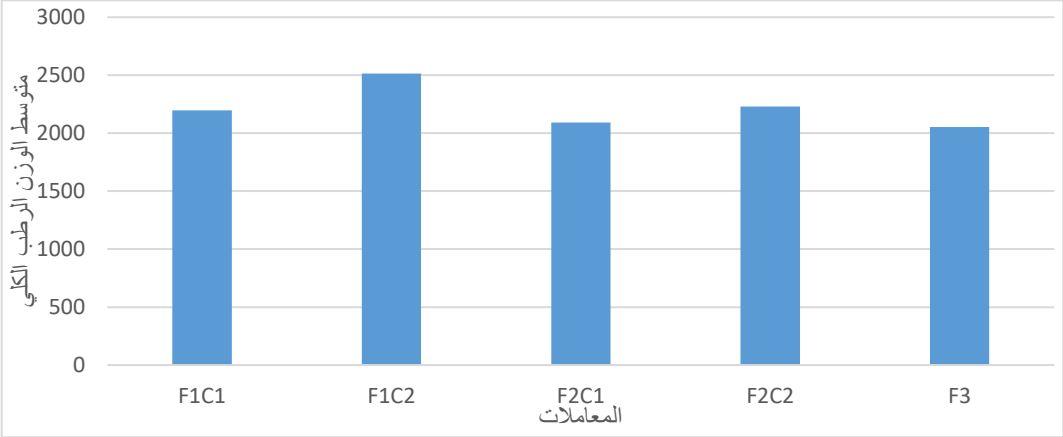
يمكن تفسير التفوق الذي حققه حمض الهيوميك عند التركيز الأعلى بدوره في تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وتنشيط نمو الجذور وزيادة نفاذية الأغشية الخلوية، مما يرفع من كفاءة انتقال الماء والعناصر المعدنية إلى الأنسجة النامية. كما أن الأحماض الهيومية تحفز النشاط الإنزيمي المرتبط بعمليات البناء الضوئي والتمثيل الكربوني، وهو ما يؤدي إلى زيادة معدل تراكم المادة الحيوية خلال فترة الاستنبات، وهي مرحلة تعتمد بصورة كبيرة على كفاءة استغلال مخزون الحبة وسرعة نمو البادرات أكثر من اعتمادها على التمثيل الضوئي الكامل. وتفسر هذه الآليات الزيادة الملحوظة في الوزن الرطب للحصيرة مقارنة بمعاملة المقارنة.

وفي المقابل، حققت معاملات مستخلص الأعشاب البحرية زيادة في الوزن الرطب مقارنة بالشاهد، إلا أن تأثيرها كان أقل من معاملة الهيوميك أسيد ذات التركيز الأعلى. ويُعزى ذلك إلى أن مستخلصات الطحالب البحرية تحتوي على مركبات نشطة حيوياً، مثل الأوكسينات والسيتوكينينات والجبريلينات، إضافة إلى الأحماض الأمينية والسكريات المتعددة والعناصر الصغرى، والتي تسهم في تعزيز الانقسام والاستطالة

الخلوية وتحسين النشاط الأيضي للنبات، إلا أن كفاءة هذه المركبات تختلف باختلاف التركيز ونوع المستخلص والظروف البيئية السائدة أثناء النمو.

وتتفق النتائج الحالية مع ما توصل إليه Abdel-Ati et al. (2023)، الذين أوضحوا أن زيادة مستويات حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية أدت إلى تحسين النمو الخضري وزيادة المحصول الحيوي للشعير، مع تفوق المستويات العليا من المعاملات في تحقيق أعلى إنتاجية. كما أظهرت دراسة حديثة أجريت على محاصيل الحبوب أن استخدام حمض الهيوميك منفرداً أو بالاشتراك مع مستخلصات الطحالب البحرية أدى إلى زيادة معنوية في الكتلة الحيوية والإنتاج، نتيجة تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وتعزيز النشاط الفسيولوجي للنبات.

وتؤكد هذه النتائج أن استخدام حمض الهيوميك، ولا سيما عند التركيز الأعلى المستخدم في هذه الدراسة، يمثل خياراً واعداً لتحسين إنتاجية العلف المائي للشعير خلال فترة الاستنبات، من خلال رفع كفاءة النمو وزيادة تراكم الكتلة الحيوية دون الحاجة إلى إطالة مدة الإنتاج.



شكل(2) يوضح متوسط الوزن الكلي الرطب للحصيرة بالجم

2-نسبة المادة الجافة %:

جدول (3) يوضح نسبة المادة الجافة

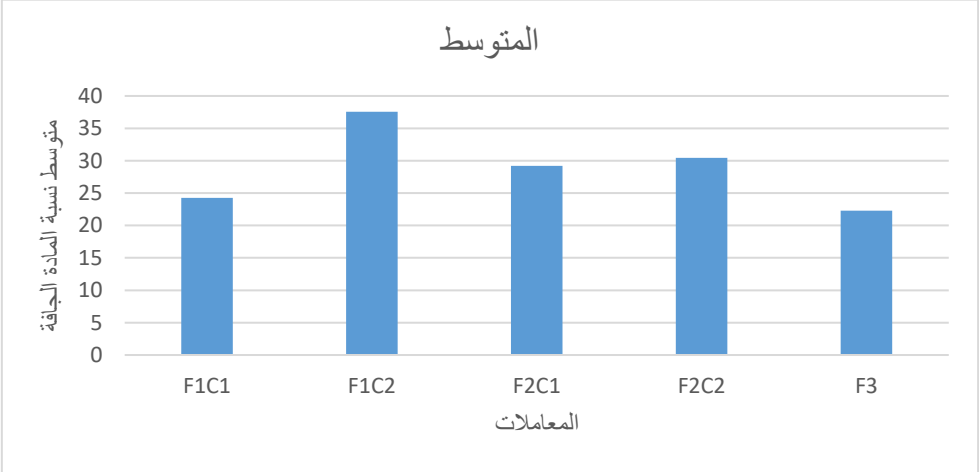
المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط	B 24.25	A 37.55	Ab 29.21	Ab 30.42	B 22.30

$LSD_{0.05}$ = 7.9%

CV = 18.6%

أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (5) فروقا معنوية واضحة بين المعاملات في نسبة المادة الجافة عند مستوى احتمالية 0.05. حيث سجلت معاملة F1C2 (حمض الهيوميك، التركيز الثاني) أعلى نسبة للمادة الجافة و تقدربـ (37.55٪)، بينما سجلت معاملة الشاهد(F3) أدنى قيمة (22.30٪)، بقيمة LSD بلغت 7.9. و يعزى المحتوى الأعلى للمادة الجافة التي لوحظ في معاملة حمض الهيوميك إلى دور حمض الهيومك في تحفيز امتصاص المغذيات وتعزيز تراكم المركبات العضوية داخل أنسجة النبات، مما يساهم في ترسيب المادة الجافة بشكل أكبر. وأفاد Alsudays et al.(2024) أن تطبيق معاملة حمض الهيوميك حسن بشكل ملحوظ امتصاص النيتروجين والفوسفور والكاسيوم في الشعير، مما يعزز تخليق وتراكم

المركبات الهيكلية والتخزينية التي تشكل المادة الجافة. علاوة على ذلك، يتأثر محتوى المادة الجافة والتركيب الغذائي لبراعم الشعير المائية بنوع ومستوى المدخلات الغذائية (المحلول المغذي) المطبقة خلال فترة الإنبات.(Dung et al., 2010; Al-Karaki & Al-Hashimi, 2012) إلى أن محتوى المادة الجافة في براعم الشعير المائية يستجيب بشدة للمدخلات الغذائية المطبقة خلال فترة الإنبات، مما يعكس التأثير المباشر لإمداد العناصر الغذائية الخارجية على النشاط الأيضي وتركيب الكتلة الحيوية. كما أظهرت علاجات مستخلص الأعشاب البحرية F2C2 و F2C1 تحسنا في نسب المادة الجافة مقارنة بالشاهد، بما يتوافق مع نتائج (Mohsen et al. 2025)، الذين أبلغوا أن استخدام مستخلص الأعشاب البحرية بتركيزات مثلى زاد من الوزن الجاف في الشعير المنبت. يرتبط هذا التحسن بوجود مركبات نشطة حيويا في مستخلصات الأعشاب البحرية، بما في ذلك المركبات السكرية، والأحماض الأمينية، والهرمونات النباتية، التي تحفز العمليات الأيضية وتعزز تراكم المادة الجافة و.نسبة المادة الجافة المنخفضة المسجلة في الضابط (F3) تتوافق مع الخصائص العامة للعلف المنبت بالزراعة المائية المنتج دون مكملات غذائية، والتي عادة ما تظهر نسبة رطوبة عالية وتراكم محدود للمادة الجافة، كما وثق (Gumus et al.2023) و(Soufan.2023) بمعامل الاختلاف (CV = 18.6٪) يقع ضمن النطاق المقبول لهذا النوع من تجارب انظمة الزراعة المائية نظرا للتباين الكامن في توزيع الرطوبة عبر الصواني.



شكل (3) يوضح نسبة المادة الجافة في الحصيرة

3: صفة الوزن الجاف الكلي للحصيرة:

جدول(4) يوضح الوزن الجاف الكلي للحصير

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسطات	B	A	B	B	B
	607.398	771.313	650.396	637.426	490.902

CV%=16%

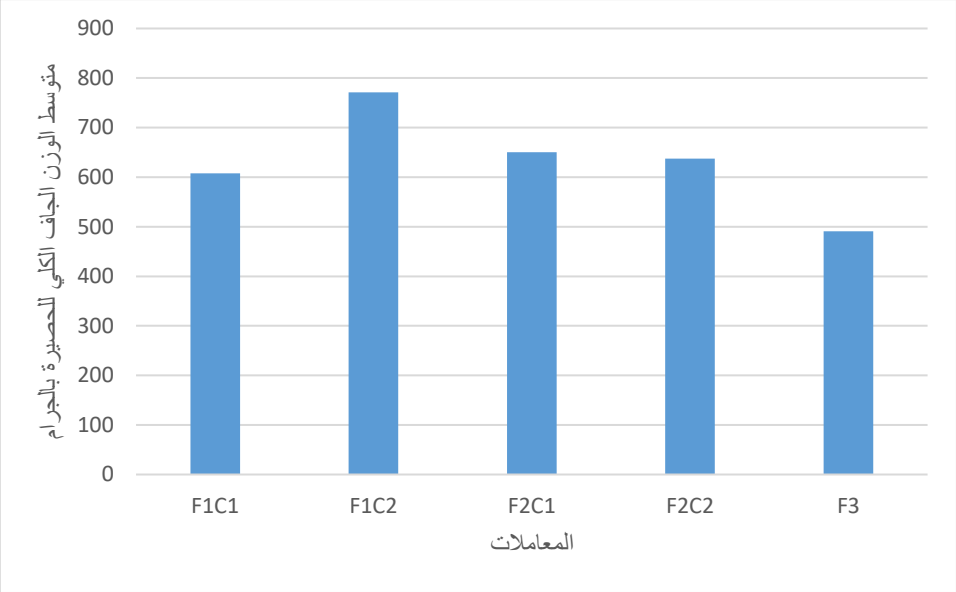
$LSD_{0.05}$ = 118 جم

أظهرت نتائج الدراسة تفوقًا معنويًا لمعاملة F1C2، إذ سجلت أعلى وزن جاف للحصيرة بلغ 771.31 جم، في حين سجلت معاملة المقارنة (F3) أقل متوسط بلغ 490.90جم، بينما حققت معاملات مستخلص الأعشاب البحرية قيماً متوسطة دون اختلافات معنوية واضحة فيما بينها. ويشير ذلك إلى أن زيادة تركيز

حمض الهيوميك أسهمت في رفع كفاءة إنتاج المادة العضوية المتراكمة خلال فترة الاستنبات، وهو ما يعد مؤشراً أكثر دقة من الوزن الرطب في تقييم إنتاجية العلف المائي.
يمكن تفسير هذه النتيجة بأن حمض الهيوميك يعزز كفاءة استغلال العناصر الغذائية داخل النبات، ويحفز نشاط الإنزيمات المرتبطة بتمثيل الكربون والنيتروجين، مما يزيد من تراكم المركبات العضوية والبناء الحيوي للأنسجة النباتية. كما يعمل على تحسين نمو المجموع الجذري، الأمر الذي يرفع كفاءة امتصاص العناصر اللازمة لتكوين المادة الجافة، وهو ما ينعكس في زيادة الوزن الجاف للنبات (Canellas et al., 2024).

أما معاملات مستخلص الأعشاب البحرية فقد حسنت الوزن الجاف مقارنة بمعاملة المقارنة، إلا أن استجابتها كانت أقل من معاملة الهيوميك عند التركيز الأعلى. ويُعزى ذلك إلى أن مستخلصات الطحالب البحرية تؤثر بصورة رئيسية في تنظيم النمو الخضري من خلال المركبات المنظمة للنمو، بينما يرتبط تراكم المادة الجافة بصورة أكبر بكفاءة عمليات التمثيل الغذائي واستغلال العناصر الغذائية، وهي آلية يبدو أن تأثير حمض الهيوميك فيها كان أكثر وضوحاً في ظروف هذه الدراسة (Ali et al., 2021).

وتتفق النتائج الحالية مع ما توصل إليه Abdel-Ali et al. (2023)، الذين سجلوا زيادة معنوية في المادة الجافة ومحصول الشعير عند استخدام حمض الهيوميك مقارنة بمعاملة المقارنة، كما أشار Canellas et al. (2024) إلى أن المواد الهيومية تسهم في زيادة إنتاج الكتلة الحيوية من خلال تحسين الكفاءة الفسيولوجية للنبات. وتشير النتائج الحالية إلى أن استخدام حمض الهيوميك بتركيز 2.40مل لتر$^{-1}$ يعد أكثر فاعلية في رفع إنتاج المادة الجافة للعلف المائي، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على قيمته الغذائية وكفاءة استخدامه في تغذية الحيوانات..



شكل (4) يوضح متوسط الوزن الكلي الجاف للحصيرة بالجرام

4-صفة طول الساق:

جدول (5) يوضح متوسط أطول النباتات (بالسنتمتر)

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط (سم)	B	Ab	B	A	Ab
	14.99	16.69	14.72	17.45	16.74

$LSD_{0.05}$ = 0.209سم

CV = 16.61%

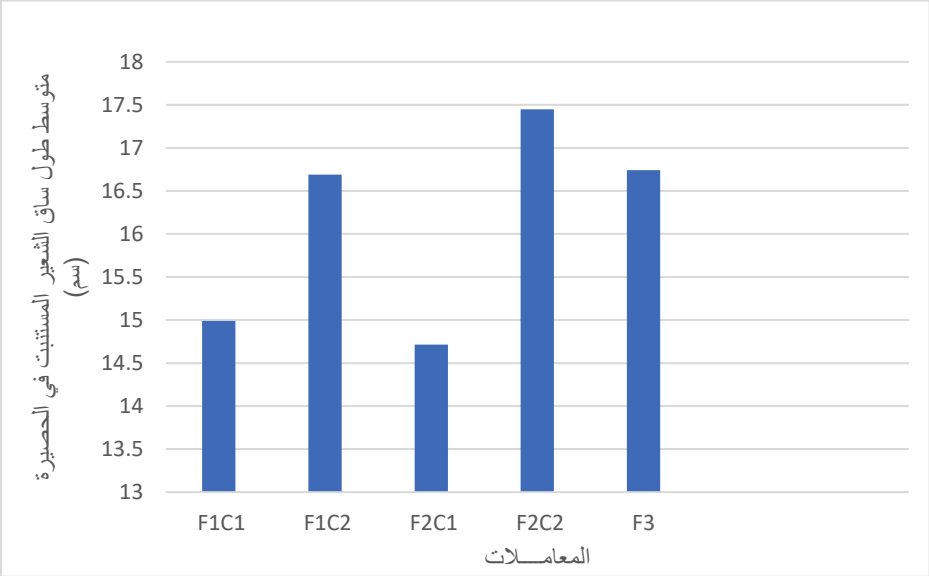
أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق معنوية بين المعاملات في طول الساق، حيث سجلت معاملة مستخلص الأعشاب البحرية بالتركيز الأعلى (F2C2) أعلى متوسط بلغ 17.45سم، بينما جاءت معاملة المقارنة (F3)ومعاملة الهيوميك أسيد بالتركيز الأعلى (F1C2) بمتوسطين متقاربين بلغ 16.74و 16.69سم على التوالي، في حين سجلت المعاملتان F1C1وF2C1أقل المتوسطات. وتشير هذه النتائج إلى أن النمو الطولي للشعير المستنبت لم يستجب للمعاملات الحيوية بصورة خطية، بل تأثر بنوع المنشط الحيوي وتركيزه وطبيعة المرحلة الفسيولوجية للنبات.

يمكن تفسير تفوق معاملة F2C2 باحتواء مستخلص الأعشاب البحرية على مجموعة من المركبات النشطة حيويًا، مثل السيتوكينينات والأوكسينات والجبريلينات، التي تعزز انقسام الخلايا واستطالتها، إلى جانب دورها في تحسين امتصاص العناصر المعدنية وتنشيط النشاط الأيضي، مما ينعكس في زيادة النمو الخضري خلال مرحلة الاستنبات المبكرة (Rouphael & Colla, 2020)؛ (Ali et al., 2021)

كما تتفق هذه النتائج مع دراسة (Kumari et al. 2017) التي أوضحت ان مستخلصات الأعشاب البحرية تحسن النمو الخضري لمحاصيل الحبوب نتيجة احتواءها على منظمات نمو طبيعية وعناصر دقيقة تعزز النشاط الايضي للنبات.

وفي المقابل، فإن تقارب متوسط معاملة المقارنة مع معاملة F1C2يشير إلى أن النمو الطولي خلال فترة الاستنبات القصيرة (8 أيام) يعتمد بدرجة كبيرة على الاحتياطيات الغذائية المختزنة في حبوب الشعير، والتي توفر احتياجات البادرة من الطاقة والعناصر الغذائية خلال المراحل الأولى من الإنبات، مما قد يقلل من وضوح تأثير المنشطات الحيوية على صفة طول الساق مقارنة بصفات أخرى مثل الوزن الجاف أو المحتوى الكيميائي. وقد أشار Sneath and McIntosh (2003) إلى أن مساهمة التغذية الخارجية في الشعير المستنبت تكون محدودة خلال الأيام الأولى، في حين يعتمد النبات بصورة رئيسية على المواد المخزنة في الحبة.

وتتفق النتائج الحالية مع ما أوضحه Rouphael and Colla (2020)من أن استجابة النباتات للمنشطات الحيوية تختلف باختلاف الصفة المدروسة والمرحلة الفسيولوجية والتركيز المستخدم، لذلك فإن عدم تفوق جميع المعاملات على معاملة المقارنة لا يُعد أمرًا غير طبيعي، بل يعكس اختلاف آليات تنظيم النمو خلال مرحلة الإنبات المبكر.



شكل (5) يوضح متوسط طول الساق في الحصيرة (بالسنتمتر)

5-صفة قطر الساق:

جدول (6) يوضح تأثير أنواع ومستويات المنشطات الحيوية على متوسط قطر الساق الشعير المستنبت(السنتمتر) في اليوم الثامن

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط (سم)	a	B	B	A	A
	0.798	0.437	0.423	0.922	0.878

$LSD_{0.05}$ = 0.209سم

CV = 16.61

أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق معنوية بين المعاملات في قطر الساق، حيث سجلت معاملة مستخلص الأعشاب البحرية بالتركيز الأعلى (F2C2) أعلى متوسط بلغ 0.922سم، تلتها معاملة المقارنة (F3) بمتوسط 0.878سم، ثم معاملة الهيوميك أسيد بالتركيز الأول (F1C1) بمتوسط 0.798سم، في حين سجلت المعاملتان F1C2 وF2C1 أقل القيم. وتشير هذه النتائج إلى أن استجابة قطر الساق لم تكن مرتبطة بزيادة تركيز المنشطات الحيوية بصورة مباشرة، وإنما تأثرت بطبيعة المادة المستخدمة ومستوى إضافتها.

ويُعزى تفوق معاملة F2C2 إلى احتواء مستخلص الأعشاب البحرية على مركبات منشطة للنمو، تشمل السيتوكينينات والأوكسينات، إضافة إلى الأحماض الأمينية والعناصر الصغرى، والتي تسهم في تنشيط الانقسام الخلوي وتكوين الأنسجة الوعائية وزيادة كفاءة انتقال نواتج البناء الضوئي إلى مناطق النمو، مما يؤدي إلى زيادة سماكة الساق وتحسين قوة النمو الخضري (Ali et al., 2021؛ Rouphael & Colla, 2020).

ومن جهة أخرى، فإن تسجيل معاملة المقارنة (الشاهد) متوسطًا مرتفعًا وتفوقها على بعض المعاملات المغذية يشير إلى أن قطر الساق خلال مرحلة الاستنبات المبكرة لا يعتمد بصورة كاملة على الإضافة الخارجية للمنشطات الحيوية، وإنما يتأثر أيضًا بالمخزون الغذائي للحبة وبالتباين الطبيعي بين النباتات. كما أن تأثير المواد الهيومية يعتمد على الجرعة ونوع النبات والمرحلة الفسيولوجية، وقد لا يؤدي استخدام التركيز الأعلى إلى زيادة جميع مؤشرات النمو، بل قد تختلف الاستجابة تبعًا للصفة المقاسة (Canellas et al., 2024). وتنسجم هذه النتائج مع ما أوضحه (du Jardin. 2015) من أن تأثير المنشطات الحيوية يختلف باختلاف المؤشر المدروس، إذ قد يظهر أثرها بوضوح في تحسين الامتصاص وكفاءة استخدام العناصر وتراكم المادة الجافة، بينما تكون استجابة بعض الصفات المورفولوجية أقل وضوحًا، خاصة خلال الدورات القصيرة لإنتاج العلف المائي.



شكل(6) يوضح متوسط قطر الساق في الحصيرة (سم)

6 - نسبة البروتين الخام (%):

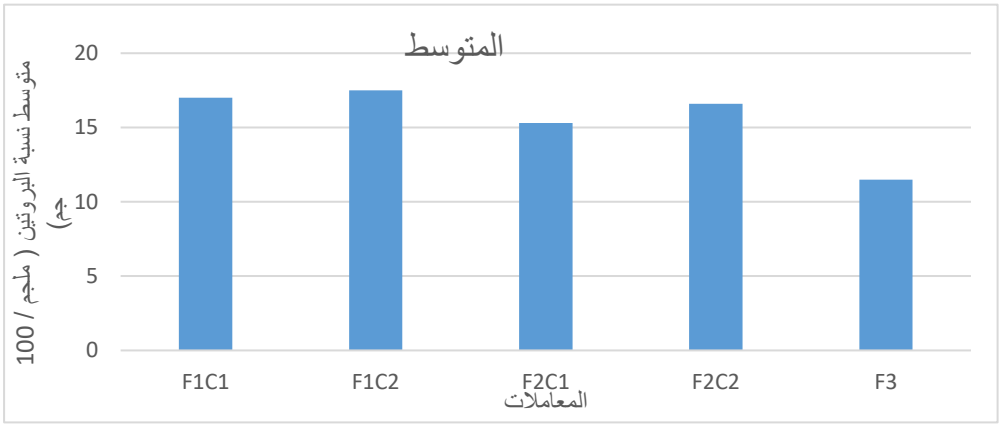
جدول (7) يوضح نسبة البروتين في العلف (ملجم /100جم)

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط	a	A	Ab	B	C
	17.0	17.5	15.3	16.6	11.5

$LSD_{0.05}$ = 1.79

CV= 6.29%

أظهرت النتائج المعروضة في الجدول (9) فروقا ذات دلالة كبيرة بين العلاجات في نسبة البروتين الخام عند مستوى احتمالية 0.05. سجل العلاج F1C2 (حمض الهيوميك، التركيز الثاني) أعلى محتوى بروتين خام (17.5ملجم/100جم)، تليه مباشرة F1C1 (17.0ملجم/100جم)، بينما سجل المعالج (F3) أدنى قيمة (11.5ملجم/100جم)، بقيمة LSD بلغت 1.79. قد يعزى التحسن الملحوظ في نسبة البروتين الخام تحت معالجات حمض الهيوميك إلى دور حمض الهيوميك في تعزيز امتصاص النيتروجين واستيعابه، والذي يعزز مباشرة تخليق البروتين في الأنسجة النامية. أكد ... (Ambong et al., 2022) أن حمض الهيوميك يحفز دورة النيتروجين ويحسن كفاءة امتصاص النيتروجين في نباتات الحبوب، مما يؤدي إلى زيادة تراكم البروتين. هذه القيم أعلى بشكل ملحوظ من متوسط محتوى البروتين الخام البالغ 14.8ملجم/100جم المبلغ عنه لبراعم الشعير المائية عبر 21 دراسة راجعها (Vastolo et al., 2025) ، مما يشير إلى أن مكملات حمض الهيوميك يمكن أن ترفع جودة التغذية للشعير المنبت بشكل فعال إلى ما هو أبعد من المستويات المعتادة. علاوة على ذلك، أظهر (Zayed et al.,2020) أن المكملات الغذائية أثناء إنبات الشعير زادت بشكل ملحوظ من محتوى البروتين الخام، لتصل إلى 21.79ملجم/100جم في ظروف العلاج المثالية، مما يدعم الاتجاه الإيجابي الذي لوحظ في هذه الدراسة. فيما يتعلق بعلاجات مستخلص الأعشاب البحرية، أظهرت F2C2 (16.6ملجم/100جم) وF2C1 (15.3ملجم/100جم) تحسنا ملحوظا مقارنة بعملية الضابطة، بما يتوافق مع نتائج (Deolu-Ajayi et al.,2021)، الذين أفادوا بأن استخدام مستخلص الأعشاب البحرية يعزز امتصاص العناصر الغذائية ويعزز تراكم البروتين في المحاصيل من خلال عمل الهرمونات النباتية النشطة بيولوجيا والبوليساكاريدات. وبالمثل، أظهر(Makawita et al., 2021) أن استخدام مستخلص الأعشاب البحرية زاد من محتوى البروتين في النباتات المعالجة مقارنة بمعاملة الشاهد. القيمة البروتينية الخام المسجلة في معاملة الشاهد (F3، 11.5ملجم/100جم) تقع ضمن نطاق 11.56–13.45ملجم/100جم كما أبلغ عنه(Emam et al., 2018) لبراعم الشعير المائية غير التي لم تقم عليها معاملات مغذية عبر أصناف الشعير المصرية، مما يؤكد موثوقية قيم معاملة الشاهد التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية.



شكل (7) يوضح متوسط نسبة البروتين في الحصيرة (ملجم/100جم)

7. محتوى عنصر الكالسيوم بالجم/100جم:

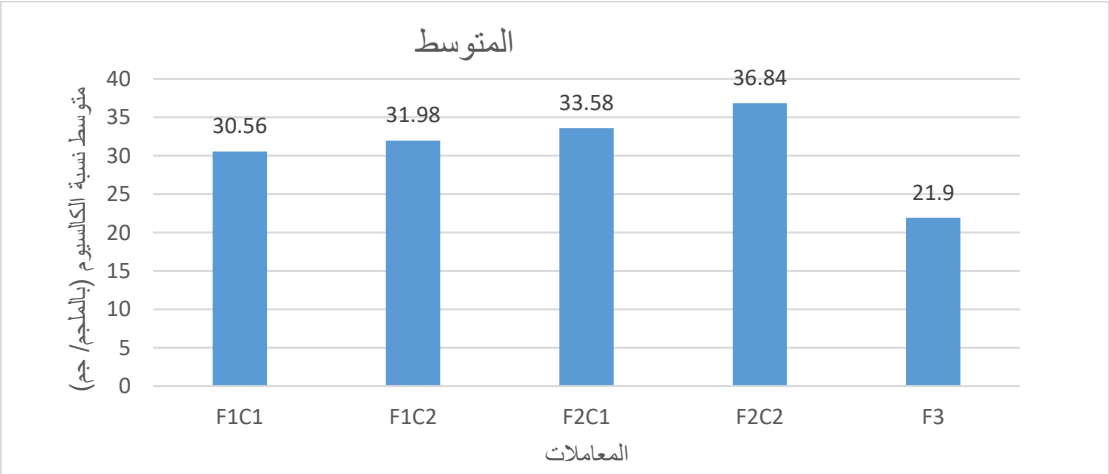
جدول (8) يوضح متوسط محتوى الكالسيوم لكل ملجم/100 غرام

المعاملة	F1C1	F1C2	F2C1	F2C2	F3
المتوسط	B	B	Ab	A	C
	30.56	31.98	33.58	36.84	21.90

$LSD_{0.05}$ ملجم/100جم = 4.51

CV= 8.00 %

أظهرت النتائج المعروضة في الجدول (8) فروقا ذات دلالة إحصائية بين العلاجات في نسبة الكالسيوم عند مستوى احتمالية 0.05. سجلت معالجة F2C2 (مستخلص الأعشاب البحرية، التركيز الثاني) أعلى محتوى كالسيوم (36.84 ملجم/100 جرام)، تلتها F2C1 (33.58 ملغ/100 جرام)، بينما سجلت معاملة الشاهد (F3) أدنى قيمة (21.90 ملجم/100 جرام)، بقيمة LSD قدرها 4.51. ومن الجدير بالذكر أن معاملات مستخلص الأعشاب البحرية تفوقت على معاملات حمض الهيوميك من حيث تراكم الكالسيوم، وقد يعزى ذلك إلى المحتوى المعدني العالي طبيعيا في مستخلصات الأعشاب البحرية، وخاصة الكالسيوم، كما وثق (Durahman et al,. 2025)، الذين أبلغوا أن بقايا الأعشاب البحرية تحتوي على تركيزات كبيرة من الكالسيوم تتراوح بين 310 إلى 625 ملجم/كجم إلى جانب مغذيات رئيسية أخرى. تساهم هذه الغنى المعدني الفطري في مستخلصات الأعشاب البحرية بشكل مباشر في زيادة توفر الكالسيوم والامتصاص اللاحق من خلال نمو الأنسجة. كما أظهر (Rouphael et al., 2017) أن التطبيق الورقي لمستخلص الأعشاب البحرية حسن الحالة الغذائية وتركيز المغذيات الكبرى في أنسجة النبات، مما يدعم القيم المرتفعة للكالسيوم التي لوحظت تحت معالجات F2 في الدراسة الحالية. فيما يتعلق بعلاجات حمض الهيوميك، أظهرت F1C2 (31.98 ملجم/100 جم) وF1C1 (30.56 ملغ/100جم) تحسنا ملحوظا مقارنة بعملية الضابطة، ويمكن تفسير ذلك بالدور الموثق جيدا لحمض الهيوميك في تعزيز قدرة تبادل الكاتيونات وتحسين توفر الكاتيونات الثنائية التكافؤ بما في ذلك الكالسيوم في مواقع امتصاص الجذور. أكد (Celik et al., 2010) أن تطبيق حمض الهيوميك أثر بشكل كبير على امتصاص الكالسيوم والعناصر المعدنية الأخرى في نباتات الحبوب، بينما أفاد (Khaled & Fawy, 2011) أن استخدام المواد ساعد على امتصاص العديد من المغذيات الكبرى بما في ذلك الكالسيوم تحت ظروف نمو مختلفة. أدنى محتوى كالسيوم المسجل في الضابط (F3) يعكس محدودية الإمدادات المعدنية المتاحة للبذور النامية في غياب المدخلات الغذائية الخارجية، بما يتوافق مع ملاحظات (Vastolo et al., 2025) حول القيود المعدنية لبراعم الشعير المائية غير المكملة. تشير قيمة CV (8.00٪) إلى دقة تجريبية جيدة لقياسات محتوى المعادن من هذا النوع.



شكل (8) يوضح متوسط محتوى عنصر الكالسيوم في الحصيرة

التوصيـــــات:

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها وتحت ظروف التجربة الحالية، يمكن التوصية بما يأتي:

1- استخدام حمض الهيوميك بتركيز 2.40 مل/لتر كخيار واعد لتحسين إنتاج الكتلة الحيوية في العلف المائي للشعير، خاصة عند استهداف زيادة الوزن الطازج والمادة الجافة .

2- يمكن النظر في استخدام مستخلص الأعشاب البحرية بتركيز 2.40 مل/لتر عندما يكون الهدف دعم بعض صفات النمو الخضري وتحسين محتوى الكالسيوم، مع مراعاة أن تأثيره لم يكن متفوقًا في جميع الصفات المدروسة .

3- ينبغي عدم الاعتماد على الوزن الطازج وحده لتقييم نجاح إنتاج العلف المائي؛ إذ أظهرت الدراسة أهمية الجمع بين الوزن الطازج ونسبة المادة الجافة والوزن الجاف، إلى جانب المؤشرات الغذائية مثل البروتين والمعادن .

4- يُوصى بإجراء دراسات لاحقة تشمل عدة مستويات من حمض الهيوميك ومستخلص الأعشاب البحرية لتحديد الجرعة المثلى بصورة أكثر دقة، بدل الاقتصار على مستويين فقط .

5- يُستحسن في الدراسات المستقبلية تمديد فترة المتابعة أو مقارنة أكثر من مدة استنبات، بهدف تحديد ما إذا كانت الاستجابات المسجلة في نهاية الدورة الحالية تستمر أو تتغير مع تقدم نمو العلف .

6- يوصى بإجراء تجارب مستقبلية بأعداد أكبر من الوحدات التجريبية والمكررات، وفي ظروف بيئية مختلفة، للتحقق من قابلية تكرار النتائج وثبات الاستجابة قبل تعميمها على نظم الإنتاج التجارية .

7- من المهم في الدراسات المستقبلية قياس استهلاك المياه وكفاءة استخدام المياه إلى جانب الإنتاجية والقيمة الغذائية، لأن تقييم العلف المائي لا ينبغي أن يعتمد على الإنتاج وحده، وإنما على كمية الموارد المستخدمة لإنتاج وحدة من العلف .

8- يوصى بإجراء تحاليل غذائية إضافية، عند توفر الإمكانات، تشمل الرماد، الألياف الخام أو NDF/ADF، وبعض العناصر المعدنية الأخرى، للحصول على تقييم أكثر شمولًا للقيمة الغذائية للعلف المستنبت.

الخلاصـــــة:

عليه، توضح الدراسة أن استخدام المنشطات الحيوية يمكن أن يمثل نهجًا مناسبًا لتحسين بعض مؤشرات إنتاج وجودة العلف المائي المستنبت من الشعير، إلا أن طبيعة الاستجابة تعتمد على نوع المنشط والتركيز والصفة المدروسة. وتوفر النتائج الحالية أساسًا تجريبيًا لتطوير إدارة أكثر دقة لإنتاج العلف المائي، مع ضرورة إجراء تجارب إضافية للتحقق من ثبات هذه الاستجابات وتحديد المستويات المثلى للاستخدام تحت ظروف إنتاج مختلفة.

المراجـــــع:

[1] Abdel-Ati, A. S., Saleh, N. A., & Rahuma, M. A. A. (2023). Effect of humic acid and seaweed extract rates on yield and yield components of barley (Hordeum vulgare L.). Alexandria Science Exchange Journal, 44(3), 459–463.

[2] Ali, O., Ramsubhag, A. and Jayaraman, H., 2021. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. Plants, 10(3), p.531.

[3] Al-Karaki, G. N., & Al-Hashimi, M. (2011). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. Advances in Environmental Biology, 6(2), 892–896.

[4] Alsudays, I. M., Alshammary, F. H., Alabdallah, N. M., Alatawi, A., Alotaibi, M. M., et al. (2024)."Applications of humic and fulvic acid under saline soil conditions to improve growth and yield in barley."BMC Plant Biology, 24(1), 191.

[5] Ampong, K.; Thilakaranthna, M. S. and Gorim, L. Y. 2022. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. Frontiers in Agronomy, 4: 848621.

[6] Bouajila, A., Hamdi, Z., Ammar, H., Ameur, A., Ziadi, S., et al. (2023). Hydroponics technology of fodder barley production used to improve feeding livestock in arid regions of Tunisia. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 18(1–2), 21–28.

[7] Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383(1–2), 3–41.

[8] Canellas, L. P., da Silva, R. M., Busato, J. G., et al. (2024). Humic substances and plant abiotic stress adaptation. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 11, 66.

[9] Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., & Nebbioso, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in agriculture. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2(1), 1–11.

[10] Celik, H.; Katkat, A. V.; Asik, B. B. and Turan, M. A. 2010. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41 (7): 858–869.

[11] Deolu-Ajayi, A. O., van der Meer, I. M., van der Werf, A., & Karlova, R. (2022). The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. Plant, Cell & Environment, 45(9), 2537–2553.

[12] Deolu-Ajayi, A. O.; van der Meer, I. M.; van der Werf, A. and Karlova, R. 2022. The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. Plant, Cell and Environment, 45 (9): 2553–2537

[13] Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196, 3–14.

[14] Du Jardin, Patrick. (2012). "The Science of Plant Biostimulants – A bibliographic analysis, Ad hoc study report." European Commission.

[15] Dung, D. D., Godwin, I. R., & Nolan, J. V. (2010). Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(18), 2432–2438.

[16] Durahman, D. R.; Hamid, S. A. and Abidin, Z. Z. 2025.Nutritional content and chemical analysis of seaweed residues extracted throughvarious carrageenan processing methods as potential plant biostimulant. JurnalTeknologi, 87 (1): 1–10.

[17] El-Deeb, M. A., & Abdel-Aal, M. A. (2019)."Impact of humic acid application on growth performance and nutritive value of hydroponic barley fodder."Journal of Plant Production, Mansoura University, 10(12), 1085–1091.

[18] Elnour, et al. (2022). "Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agricultural practices."

[19] Emam, M.; Hafez, M. and El-Nahrawy, S. 2018. Evolution of some Egyptian strains barley cultivators for green fodder hydroponic system and prediction digestibility values by in-vitro DaisyII incubator. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds, 21 (1): 145–161.

[20] Ghirardi, S., et al. (2024)."Hydroponic Fodder Production as a Sustainable Alternative for Livestock Feeding under Water-Scarce Conditions. Agronomy, 14(3), 512.

[21] Gumus, H.; Atalay, A. I. and Coskun, B. 2024. Effect of various fertilizer applications on growth, nutritive value, and nutritional quality of barley sprouts. Journal of Agricultural Science, 30 (1): 1–12.

[22] Khaled, H., & Fawy, H. A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research, 6(1), 21–29.

[23] Kumari, R., Kaur, I., & Bhatnagar, A. K. (2017). Effect of aqueous extract of Sargassum johnstonii on growth, yield and quality of crops. Journal of Applied Phycology, 29, 1345–1354.

[24] Makawita, G. I. P. S., Wickramasinghe, I., & Wijesekara, I. (2021). Using brown seaweed as a biofertilizer in the crop management industry and assessing the nutrient upliftment of crops. Asian Journal of Agriculture and Biology, 2021(1), Article 202004257.

[25] Makawita, G. I. P. S., Wickramasinghe, I., & Wijesekara, I. (2021). Using brown seaweed as a biofertilizer in the crop management industry and assessing the nutrient upliftment of crops. Asian Journal of Agriculture and Biology, 2021(1), Article 202004257.

[26] Mohsen, M. H.; Al-Maliki, S. A. and Hamad, A. J. 2025. The impact of different concentrations of seaweed extract on growth and yield of sprouted barley cultivars. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

[27] Rathore, S. S., et al. (2023). Brown seaweed extract (BSE) application influences auxin- and ABA-related gene expression, root development, and sugar yield in Beta vulgaris L. Plants, 12(4), 843.

[28] Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science, 11, 40.

[29] Rouphael, Y.; Giordano, M.; Cardarelli, M.; Cozzolino, E.; Mori, M.; Kyriacou, M. C.; Bonini, P. and Colla, G. 2017. Effect of Ecklonia maxima seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. Journal of Applied Phycology, 29 (4): 2143–2153.

[30] Rouphael, Y.; Giordano, M.; Cardarelli, M.; Cozzolino, E.; Mori, M.; Kyriacou, M. C.; Bonini, P. and Colla, G. 2017. Effect of Ecklonia maxima seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. Journal of Applied Phycology, 29 (4): 2143–2153.

[31] Shukla, P. S., et al. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants. Plants, 10(3), 531.

[32] Singh, P., & Kumar, S. (2023). "Nano-fertilizers and bio-stimulants: A sustainable approach for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity." Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 186(3), 245–259.

[33] Soufan, W. 2023. The effect of the mixing ratio of barley and mung bean seeds on the quality of sprouted green fodder and silage in a hydroponic system. Agronomy, 13 (2): 539.

[34] Vastolo, A.; Murgese, P.; Calabro, S. and Piccolo, G. 2025. Hydroponic forage in ruminant nutrition: A systematic review of nutritional value, performance outcomes, and sustainability. Animals, 15 (3): 412.

[35] Zayed, M. S.; Hassanein, M. K.; Esa, N. H. and Abdallah, M. M. 2020. Production of green barley sprouts on rice straw in the presence of microbial inoculants and elevated CO2 as an unconventional dual bio-food and fodders. Egyptian Journal of Microbiology, 55: 67–80.

[36] Zayed, M. S.; Hassanein, M. K.; Esa, N. H. and Abdallah, M. M. 2020. Production of green barley sprouts on rice straw in the presence of microbial inoculants and elevated CO2 as an unconventional dual bio-food and fodders. Egyptian Journal of Microbiology, 55: 67–80.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JIBAS** and/or the editor(s). **JIBAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.