تأثير المعاملة بحمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على إنتاجية نبات الفليفلة (صنف أنطاكلي)

رغد عبد الهادي عيسى [1] * وغيثاء ونّس [1] وعزيزة عجوري [2] ومروان علبي [1]

[1] قسم البساتين، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، حلب، سورية.

[2] قسم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، حلب، سورية.

(*للمراسلة: م. رغد عيسى، البريد الإلكتروني: raghadessa648@gmail.com ، الهاتف: 0968643722).

تاريخ الاستلام: 19/ 05/ 2025 تاريخ القبول: 21/ 07/ 2025

الملخّص

أُجري البحث في قرية عين الكروم، منطقة الغاب، محافظة حماة، خلال الموسم الزراعي 2024، لدراسة تأثير تركيزين من حمض الهيوميك (2، 4 غرام/لتر) ومستخلص الطحالب البحرية (1، 2 مل/لتر) على مؤشرات النمو الخضري وإنتاجية وحدة المساحة لنبات الفليفلة (Capsicum annuum L.، صنف أنطاكلي). شملت التجربة 9 معاملات، بما في ذلك الشاهد (0 غرام/لتر حمض الهيوميك + 0 مل/لتر مستخلص الطحالب)، بثلاث مكررات، بمعدل 20 نباتًا لكل معاملة، وفق تصميم القطع المنشقة من الدرجة الأولى. وُزعت القطع الرئيسية على معاملات التسميد بحمض الهيوميك، والقطع المنشقة على الرش الورقي بمستخلص الطحالب البحرية. أظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في نمو النباتات وإنتاجيتها عند استخدام حمض الهيوميك أو مستخلص الطحالب البحرية أو مزيجهما. تفوقت المعاملة 4 (H2A2غرام/لتر حمض الهيوميك + 2 مل/لتر مستخلص الطحالب) على جميع المعاملات، مسجلة أعلى القيم لمؤشرات النمو الخضري: متوسط ارتفاع النبات 60.93 سم، عدد الأفرع الجانبية 8.26 فرع/نبات، وعدد الأوراق 250.9 ورقة/نبات، بالإضافة إلى أعلى إنتاجية لوحدة المساحة بلغت 5.47 كغ/م². بينما سجل الشاهد (H0A0)أدنى القيم: 41.31 سم لارتفاع النبات، 4.06 فرع/نبات لعدد الأفرع، 195.9 ورقة/نبات لعدد الأوراق، و2.68 كغ/م² للإنتاجية. سجلت معاملة 4 (H2غرام/لتر حمض الهيوميك) أعلى متوسطات فردية للنمو الخضري (57.17 سم، 7.24 فرع/نبات، 241.1 ورقة/نبات) وإنتاجية (4.85 كغ/م²)، بينما تفوقت معاملة (2 A2 مل/لتر مستخلص الطحالب) بمتوسطات 54.19 سم، 7.24 فرع/نبات، 232.5 ورقة/نبات، و4.73 كغ/م². يُعزى هذا التحسن إلى التأثير المشترك لكلا العاملين، حيث يعزز حمض الهيوميك امتصاص العناصر الغذائية، بينما يحفز مستخلص الطحالب النمو الخضري وإنتاج الثمار عبر الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية.

الكلمات المفتاحية: الإنتاجية، الطحالب البحرية، الفليفلة، النمو الخضري، حمض الهيوميك.

المقدمة:

يصنف نبات الفليفلة (*Capsicum annuum L.*) ضمن الفصيلة الباذنجانية (*Solanaceae*) والجنس *Capsicum* الذي يضم أكثر من 30 نوعًا (Tripodi and Kumar, 2019). وتحتل المرتبة الثانية بين الخضروات من حيث الأهمية بعد البندورة (Yvonne *et al.*, 2018). بلغت المساحة المزروعة عالميًا حوالي 1.95 مليون هكتار، بإنتاج يقدر بـ 36.97 مليون طن (FAO, 2022)، ومحليًا في سورية بلغت المساحة المزروعة 4875 هكتارًا بإنتاج 62635 طنًا (المجموعة الإحصائية الزراعية،

2022). تتميز ثمار نبات الفليفلة باحتوائها على تراكيز عالية من الفيتامينات والمعادن. حيث تحتوي الثمرة في مرحلة النضج الاستهلاكي على مادة جافة بنسبة حوالي 5.7%، تصل إلى 12% عند النضج الكامل، بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة بين 5–20% وتختلف حسب الصنف ومرحلة النضج. تُعد الفليفلة من أغنى الخضروات بفيتامين C، إذ يحتوي 100 غرام من الثمار الحمراء على أكثر من 400 ملغ من هذا الفيتامين. يوضح الجدول (1) أهم العناصر الغذائية في الفليفلة الطازجة صنف (قرن الغزال) (عبد اللطيف وآخرون، 2020; Howard *et al*., 2000).

الجدول (1):العناصر الغذائية في 100 غ فليفلة طازجة

المادة	المواد الصلبة الذائبة	الالياف	البروتين	الدهون	فيتامين C
مرحلة النضج الاستهلاكي(% من الوزن الطازج)	%20-5.32	1.7غ	1.2غ	0.2غ	183 ملغ 100غ
مرحلة النضج الحيوي (% من الوزن الطازج)	%22-8	1.9 غ	1.3 غ	0.3 غ	400 ملغ/100 غ

تُظهر الدراسات فوائد عديدة لاستخدام المخصبات العضوية كمكمل للأسمدة الكيميائية، إذ تُعد آمنة بيئيًا ومحفزة لنمو النبات، كما أن بعضها يساعد النباتات على تحمل الاجهادات البيئية. يُعتبر حمض الهيوميك من أبرز المخصبات العضوية، حيث أظهرت دراسات تأثيره الإيجابي على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة، من خلال تعزيز الاحتفاظ بالمياه، تبادل الكاتيونات، كربون التربة، نشاط الإنزيمات، ودورة النيتروجين، إضافة إلى الحفاظ على درجة حموضة مناسبة لميكروبات التربة (Ampong *et al*., 2022; Yang and Antonietti, 2020). فيما يتعلق بالنبات، تشير الدراسات إلى أن الأحماض الدبالية تؤدي دورًا مشابهًا لمنظمات النمو. فسرت بعض الأبحاث تأثير حمض الهيوميك في نمو النبات وإنتاجيته لاحتوائها على هرمونات نباتية (Youg and Chen, 1997). كما أظهرت دراسات أخرى دوره في تنشيط التفاعلات الإنزيمية، زيادة نفاذية الأغشية الخلوية، تعزيز انقسام الخلايا واستطالتها، وزيادة إنتاج الإنزيمات النباتية (Pettit, 2003). تختلف نتائج تطبيق حمض الهيوميك حسب نوع النبات، مصدر الحمض، تركيزه، موعد إضافته، وعدد التطبيقات (Ferrara and Brunetti, 2010). فقد أظهرت دراسة Silva وآخرون (2024) تحسن نمو الفليفلة عند استخدام حمض الهيوميك بتراكيز (8، 12 كغ/هكتار)، مما زاد من ارتفاع النبات ومساحة الأوراق بنسبة 21.2% و58.21% على التوالي. كما أشارت دراسة Fadala وآخرون (2023) إلى أن تركيز 2 غرام/لتر من حمض الهيوميك زاد من ارتفاع الفليفلة مقارنة بتركيز 1 غرام/لتر. وفي دراسة Jan وآخرون (2020)، أعطى تركيز 50 ملغ/لتر من حمض الهيوميك أفضل النتائج لصنفين من الفليفلة، مسجلًا 243.67 ورقة/نبات، 5.50 فرع/نبات، وارتفاع 47.33 سم. أما مستخلص الطحالب البحرية، فقد أكدت الأبحاث الحديثة فوائده كمحفز حيوي يعزز إنتاجية المحاصيل، بفضل احتوائه على منظمات نمو مثل السيتوكينين، الأوكسينات، والجبرلينات، إضافة إلى العناصر الغذائية الكبرى (الكالسيوم، البوتاسيوم، الفوسفور) والصغرى (الحديد، النحاس، الزنك، البورون، المنغنيز، الموليبدينوم) (Begum *et al*., 2018). كما يحتوي على مركبات نشطة مثل السكريات والبوليفينولات، التي تحفز انقسام الخلايا، استطالتها، ونمو الأنسجة (جندية، 2003). وتساهم في توازن العمليات الحيوية والفسيولوجية (Deolu *et al*., 2022). تحتوي الطحالب أيضًا على مادة البيتايين، التي تُعد مصدرًا للنيتروجين بتراكيز منخفضة، ومنظمًا للأسموزية بتراكيز عالية، مما يعزز مقاومة النبات للملوحة والجفاف (الهرمزي وسعادة، 2010). أظهرت دراسة (Ozbay and Demirkiran, 2019) تحسن نمو الفليفلة عند الرش الورقي بمستخلص الطحالب بتراكيز (0.25، 0.50، 0.75، 1.0%)، مع زيادة في قطر الساق، ارتفاع النبات، عدد الأوراق، ومساحة الورقة. ضمن هذا السياق بين Askari وآخرون (2025) تفوق تركيز 1.5 مل/لتر من مستخلص الطحالب على الفليفلة، مسجلًا ارتفاعًا 98.5 سم ومساحة أوراق 57.8 سم². ووجد Singh وآخرون (2025) أن تركيز 2.5 مل/لتر حيث سجل أعلى ارتفاع (103.22 سم)، مساحة أوراق (370.63 سم²)، وعدد أفرع (11.63

فرع/نبات) على نبات الفليفلة. كذلك أوضحت دراسة (Mohamed and Hassan, 2025) أن رش نبات الفليفلة بتركيز 4 مل/لتر بعد 30، 60، 90 يومًا من الزراعة حسّن ارتفاع النبات، الوزن الجاف، عدد الأوراق، والإنتاج الكلي مقارنة بالشاهد.

مبررات وأهداف البحث:

بناءً على الأهمية الاقتصادية والغذائية لمحصول الفليفلة، وقيمته الصحية، والطلب الاستهلاكي المتزايد عليه طوال العام، يتطلب تحسين انتاجيته في سورية. علما أن تلبية الطلب المتزايد على الغذاء حاليًا يعتمد بشكل رئيسي على الأسمدة الكيميائية، التي بدورها تؤثر سلبًا على صحة الإنسان والبيئة. في حين أن المخصبات العضوية، مثل حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية، تعتبر بدائل فعالة وأقل تكلفة، حيث أنها توفر العناصر الغذائية، تحفز النمو، تحسن جودة المنتج، وتحافظ على خصوبة التربة. وذلك من خلال تحسين النمو الخضري للنبات مما يُساهم في خفض تكاليف الإنتاج وزيادة الإنتاجية كمًا ونوعًا، مما يعزز الاقتصاد الزراعي. ونظرًا لدور هذه المخصبات في تحسين النمو الخضري. **ولذا فقد هدف البحث إلى** دراسة تأثير تراكيز مختلفة من حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على مؤشرات النمو الخضري وإنتاجية وحدة المساحة لنبات الفليفلة (صنف أنطاكلي).

مواد وطرائق البحث:

موقع البحث:

أُجريت التجربة في قرية عين الكروم، منطقة الغاب، ريف حماة، على ارتفاع 200 متر فوق سطح البحر، في حقل مكشوف خلال الموسم الزراعي 2024.

المادة النباتية:

استُخدم صنف أنطاكلي المحلي، وهو غزير الإنتاج (3–6 طن/دونم في الزراعة المكشوفة)، قوي النمو، سريع النضج، ومتأقلم مع الظروف البيئية. ثماره حلوة المذاق، طويلة، مجعدة، رفيعة، تنتهي بقاعدة عريضة قليلًا، خضراء تتحول إلى حمراء عند النضج، بطول 12–15 سم.

الزراعة وتحليل التربة:

زُرعت البذور في 20 آذار 2024 ضمن مشاتل مكشوفة في أطباق فلينية تحتوي مزيج تربة (طين: رمل: سماد عضوي بنسبة 1:1:1) على عمق 1 سم. أُجريت عمليات الري، التسميد، ومكافحة الآفات حتى أصبحت الشتول جاهزة للنقل بعد تشكل 6–7 أوراق حقيقية. نُقلت الشتول إلى الأرض الدائمة بعد تحضيرها بفلاحات متعددة، استُخدم تسميد معدني يتضمن نترات الأمونيوم (33.5% N) بمعدل 10–15 كغ/دونم، وسوبر فوسفات ثلاثي (P_2O_5 46%) بمعدل 20 كغ/دونم، وكبريتات البوتاسيوم (K_2O 50%) بمعدل 8 كغ/دونم، موزعة على ثلاث دفعات خلال الموسم الزراعي. بالإضافة إلى ذلك أُضيف سماد عضوي متحلل (مخلفات أبقار) بمعدل 1 طن/دونم. زُرعت الشتول على خطوط بمسافة 70 سم بين الخطوط و60 سم بين النباتات، مع اتباع الري السطحي حتى نهاية الموسم.

أُخذت عينات تربة من عمق 0–30 سم قبل الزراعة لتقييم خصائصها الفيزيائية والكيميائية في مختبر الأراضي بمحطة بحوث الغاب، التابعة لوزارة الزراعة. يوضح الجدول (2) أن التربة طينية القوام، قاعدية (pH 7.6)، غير مالحة (E.C 0.19 dS/m)، متوسطة المحتوى من الكربونات (25.06%) والمادة العضوية (2.75%)، منخفضة المحتوى من النيتروجين (3.05 جزء/مليون) والفوسفور (4.8 جزء/مليون)، ومتوسطة من البوتاسيوم (232 جزء/مليون).

الجدول (2): نتائج تحليل التربة قبل الزراعة للموسم 2024

CaCO3 %	التحليل الميكانيكي			القوام	O.M %	pH	E.C ds/m	عناصر كبرى		
	Clay %	Silt %	Sand %					K ppm	P ppm	N ppm
%25.06	44	**14**	**42**	Clay	%2.75	**7.6**	0.19	**232**	**4.8**	**3.05**

المعاملات المدروسة:

أُجريت التجربة باستخدام مخصبين عضويين: حمض الهيوميك (40% مادة عضوية، 22% كربون عضوي، 4% أكسيد البوتاسيوم) ومستخلص الطحالب البحرية (37% مادة عضوية، 20% كربون عضوي، 5% بوتاسيوم)، مع تصميم القطع المنشقة من الدرجة الأولى. وُزعت القطع الرئيسية على معاملات حمض الهيوميك، والقطع المنشقة على معاملات مستخلص الطحالب البحرية، مكونة 9 معاملات (3×3) تشمل الشاهد كما في الجدول (3). المعاملات المنفردة لكل مخصب، ومعاملات التداخل بين العاملين. والمعاملة (H0) و (A0) يُعتبر شاهدًا، وبالتالي شملت المعاملات المدروسة تركيزين لكل مخصب.

1. حمض الهيوميك (أرضي): أُضيف أرضيا عبر نظام الري السطحي بتركيزين:

- H1: 2غ/ليتر أُضيف في ثلاث إضافات (بعد 15، 30، و45 يومًا من التشتيل).
- H2: 4 غ/ليتر أُضيف في نفس المواعيد.

2. مستخلص الطحالب البحرية (ورقي): رُش حتى البلل الكامل بتركيزين:

- A1: 1 مل/ليتر أُضيف في ثلاث مواعيد (بعد 30، 45، و60 يومًا من التشتيل).
- A2: 2 مل/ليتر أُضيف في نفس المواعيد.

الجدول (3): المعاملات المدروسة ومواصفات معاملات التسميد.

رمز المعاملة	مواصفة المعاملة
H0	**حمض الهيوميك بتركيز 0غ /ل**
H1	**حمض الهيوميك بتركيز 2غ /ل**
H2	**حمض الهيوميك بتركيز 4 غ /ل**
A0	**مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 0 مل /ل**
A1	**مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 1 مل /ل**
A2	**مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 2 مل /ل**
H0 A0	**حمض الهيوميك بتركيز 0غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 0 مل /ل**
H0 A1	**حمض الهيوميك بتركيز 0 غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 1 مل /ل**
H0 A2	**حمض الهيوميك بتركيز 0 غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 2 مل /ل**
H1 A0	**حمض الهيوميك بتركيز 2غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 0 مل /ل**
H1 A1	**حمض الهيوميك بتركيز 2غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 1 مل /ل**
H1 A2	**حمض الهيوميك بتركيز 2غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 2 مل/ ل**
H2 A0	**حمض الهيوميك بتركيز 4 غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 0 مل /ل**
H2 A1	**حمض الهيوميك بتركيز 4 غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 1 مل /ل**
H2 A2	**حمض الهيوميك بتركيز 4 غ /ل + مستخلص الطحالب البحرية بتركيز 2 مل/ ل**

المؤشرات المدروسة:

مؤشرات النمو الخضري:

1- ارتفاع النبات (سم): تم القياس من سطح التربة إلى أعلى قمة نامية باستخدام شريط قياس بعد 30 يومًا من الرشة الاخيرة، تزامنًا مع مرحلة الإزهار الأعظمي، حيث يكون النمو الخضري في ذروته قبل الإثمار الكامل.

2–عدد الأفرع الجانبية (فرع/النبات): عُدت الأفرع الجانبية فقط (باستثناء الفرع الرئيسي) مباشرة بعد 30 يومًا من الرشة الأخيرة، وأُخذ متوسط 5 نباتات عشوائية من كل قطعة تجريبية بكل مكرر.

3– عدد الأوراق على النبات: أُحصيت جميع الأوراق الحقيقية خلال مرحلة الإزهار الأعظمي، بعد 30 يومًا من الرشة الأخيرة، حيث تكون النباتات في مرحلة نمو خضري نشط مما يعكس تأثير المخصبات على تكوين الأوراق.

مؤشرات الإنتاجية:

1–إنتاجية وحدة المساحة (كغ/م²): وهي الوزن الإجمالي للثمار المقطوفة على دفعات خلال موسم النمو عند وصولها إلى مرحلة النضج الحيوي (الثمار الحمراء).

التحليل الإحصائي:

تضمنت التجربة (9) معاملات بثلاث مكررات لكل معاملة، تحتوي كل قطعة التجريبية على 20 نباتًا، بإجمالي 540 نباتًا (9 معاملات × 3 مكررات × 20 نباتًا). حُللت البيانات باستخدام برنامج Genstat V.12 واختبار ANOVA، مع مقارنة المتوسطات باستخدام أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05.

النتائج والمناقشة:

أولا: تأثير المعاملات المستخدمة في مؤشرات النمو الخضري:

1. تأثير حمض الهيوميك على المؤشرات الخضرية لنبات الفليفلة صنف (أنطاكلي) :

تشير النتائج في الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية في المؤشرات الخضرية (ارتفاع النبات، عدد الأفرع الجانبية، عدد الأوراق) عند استخدام حمض الهيوميك. سجلت المعاملة (H2) أعلى المتوسطات لارتفاع النبات (57.17 سم)، عدد الأفرع الجانبية (7.24 فرع/نبات)، وعدد الأوراق (241.1 ورقة/نبات)، مقارنة بالمعاملة (H1) التي سجلت لإرتفاع النبات (54.52سم)، عدد الأفرع الجانبية (7.03 فرع/نبات)، وعدد الأوراق (226.3 ورقة/نبات) مقارنة بالشاهد (H0) الذي سجل أدنى القيم وكانت (43.72سم، 5.13 فرع/نبات، 200.4 ورقة/نبات) على التوالي. تتفق هذه النتائج مع دراسات (Fadala *et al*., 2023)و(Jan *et al*., 2020)، التي أظهرت تحسين النمو الخضري بفضل حمض الهيوميك. يُعزى ذلك إلى توفيره للنيتروجين ومنظمات النمو (جبرلينات، سيتوكينينات)، التي تعزز تكوين الخلايا المرستيمية، استطالتها، ونمو البراعم الجانبية.

الجدول (4): تأثير حمض الهيوميك على مؤشرات النمو الخضري

حمض الهيوميك (H)	ارتفاع النبات (سم)	عدد الأفرع الجانبية(فرع/نبات)	عدد الأوراق (ورقة/نبات)
H0 (0 غ/ل)	43.72C	5.13 B	200.4 C
H1 (2 غ/ل)	54.52 B	7.03 A	226.3 B
H2 (4 غ/ل)	57.17 A	7.24 A	241.1 A
LSD (P < 0.05)	1.78	1.13	8.75

الحروف المختلفة (A, B, C) تدل على فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

2. تأثير مستخلص الطحالب البحرية على المؤشرات الخضرية لنبات الفليفلة صنف (أنطاكلي): يوضح الجدول (5) فروقًا معنوية في المؤشرات الخضرية عند استخدام مستخلص الطحالب البحرية. تفوقت المعاملة(A2) بمتوسطات 54.19 سم لارتفاع النبات، 7.24 فرع/نبات لعدد الأفرع الجانبية، و232.5 ورقة/نبات لعدد الأوراق، مقارنة بالمعاملة (A1) التي سجلت لإرتفاع النبات (51.62 سم)، عدد الأفرع الجانبية (6.44 فرع/نبات)، وعدد الأوراق(223.3 ورقة/نبات) مقارنة مع معاملة الشاهد(A0) والتي سجلت أدنى القيم (49.60 سم، 5.72 فرع/نبات، 212.0 ورقة/نبات) على التوالي. تتفق هذه النتائج مع دراسات (Askari *et al.*, 2025 وSingh *et al.*, 2025)، ويُعزى التحسن إلى احتواء المستخلص على العناصر الغذائية الكبرى والصغرى، الأوكسينات، والسيتوكينينات، التي تحفز الانقسام والاستطالة الخلوية، وتدعم التمثيل الضوئي والتنفس.

الجدول (5): تأثير مستخلص الطحالب البحرية على مؤشرات النمو الخضري

مستخلص الطحالب البحرية (A)	ارتفاع النبات (سم)	عدد الأفرع الجانبية (فرع/نبات)	عدد الأوراق (ورقة/نبات)
A0 (0 مل/لتر)	49.60C	5.72 C	212.0 C
A1 (1 مل/لتر)	51.62 B	6.44 B	223.3 B
A2 (2 مل/لتر)	54.19 A	7.24 A	232.5 A
LSD (P < 0.05)	1.78	1.13	8.75

الحروف المختلفة (A, B, C) تدل على فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

3. تأثير التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على المؤشرات الخضرية في ثمار الفليفلة صنف (أنطاكلي): يبين الجدول (6) أن التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب أدى إلى فروق معنوية في المؤشرات الخضرية. سجلت المعاملة H2A2 أعلى المتوسطات (60.93 سم لارتفاع النبات، 8.26 فرع/نبات لعدد الأفرع، 250.9 ورقة/نبات لعدد الأوراق)، تلتها المعاملات(H2A1)،(H1A2) ، و(H1A1) بقيم 56.64 سم، 55.30 سم، و54.72 سم لارتفاع النبات، 7.13، 7.33، و7.00 فرع/نبات لعدد الأفرع الجانبية، 244.0، 239.7، و227.7 ورقة/نبات لعدد الأوراق على التوالي. في المقابل، سجلت المعاملات (H2A0)،(H1A0)، (H0A2) ، و(H0A1) قيمًا أقل بمتوسطات 53.93 سم، 53.54 سم، 46.33 سم، و43.51 سم لارتفاع النبات، 6.33، 6.76، 6.13، و5.20 فرع/نبات لعدد الأفرع الجانبية، 228.4، 211.5، 206.9، و198.3 ورقة/نبات لعدد الأوراق على الترتيب. أما معاملة الشاهد (H0A0) فقد سجلت أدنى القيم بمتوسطات 41.31 سم لارتفاع النبات، 4.06 فرع/نبات لعدد الأفرع الثمرية، 195.9 ورقة/نبات لعدد الأوراق. يعكس تفوق المعاملة (H2A2) التأثير الإيجابي بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية. يعزز حمض الهيوميك توافر العناصر الغذائية مثل النيتروجين والبوتاسيوم، ويحسن خصائص التربة مثل الاحتفاظ بالمغذيات وتهوية التربة، مما يدعم نمو الجذور وامتصاص العناصر. من جهة أخرى، يحفز مستخلص الطحالب النمو الخضري من خلال الهرمونات النباتية (الأوكسينات والسيتوكينينات)، التي تنشط البراعم الساكنة، تعزز الانقسام والاستطالة الخلوية، وتزيد من كثافة الأوراق وكفاءة التمثيل الضوئي. تتفق هذه النتائج مع دراسة (Melo *et al.*, 2020)، التي أشارت إلى أن الجمع بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب يحسن توافر النيتروجين والبوتاسيوم وينشط البراعم الساكنة من خلال السيتوكينينات. كما أكدت دراسة (معلا، 2019) زيادة في عدد الأفرع الثمرية وعدد الأوراق في الباذنجان باستخدام تركيز 2 غ/ل من حمض الهيوميك، مما يشير إلى أن التراكيز العالية من حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب قد تكون مثالية لتحسين النمو الخضري في المحاصيل الباذنجانية تحت الظروف المحلية.

الجدول (6): تأثير التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على مؤشرات النمو الخضري

التداخل (H × A)	ارتفاع النبات (سم)	عدد الأفرع الجانبية (فرع/نبات)	عدد الأوراق (ورقة/نبات)
H0 A0	41.21 g	4.06 f	195.9 h
H0 A1	43.51 f	5.20 e	198.3 g

H0 A2	46.33 e	6.13 d	206.9 f
H1 A0	53.54 d	6.76 cd	211.5 e
H1 A1	54.72 cd	7.00 cd	227.7 d
H1 A2	55.30 c	7.33 b	239.7 c
H2 A0	53.93 d	6.33d	228.4 d
H2 A1	56.64 b	7.13 bc	244.0 b
H2 A2	60.93 a	8.26 ab	250.9 a
LSD (P < 0.05)	3.08	1.95	25.10

الحروف المختلفة (a, b, c, …) تدل على فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

ثانياً: تأثير المعاملات المستخدمة في الإنتاجية

1. تأثير حمض الهيوميك على إنتاجية وحدة المساحة لنبات الفليفلة صنف (أنطاكلي)

تشير النتائج في الجدول (7) إلى وجود فروق معنوية في متوسط إنتاجية وحدة المساحة عند استخدام حمض الهيوميك. تفوقت المعاملة H2 (4 غ/ل) بإنتاجية 4.85 كغ/م²، تلتها H1 (2 غ/ل) بإنتاجية 4.33 كغ/م²، بينما سجلت H0 (الشاهد) أقل إنتاجية (3.33 كغ/م²). يُعزى هذا التحسن إلى دور حمض الهيوميك في تحسين امتصاص العناصر الغذائية، تعزيز النمو الخضري، وزيادة كفاءة التمثيل الضوئي، مما يؤدي إلى زيادة إنتاج الثمار.

وذلك يتفق مع دراسة (Zamljen *et al.*, 2024) التي أظهرت زيادة في إنتاجية وحدة المساحة إلى 4.9 كغ/م² عند المعاملة بحمض الهيوميك على نبات الفليفلة.

الجدول (7): تأثير حمض الهيوميك على متوسط إنتاجية وحدة المساحة

حمض الهيوميك (H)	إنتاجية وحدة المساحة (كغ/م²)
H0 (0 غ/ل)	3 .33 C
H1 (2 غ/ل)	4.33 B
H2 (4 غ/ل)	4.85 A
LSD (P < 0.05)	0.45

الحروف المختلفة (A, B, C) تدل على فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

2. تأثير مستخلص الطحالب البحرية على إنتاجية وحدة المساحة لنبات الفليفلة صنف (أنطاكلي):

يوضح الجدول (8) فروقًا معنوية في إنتاجية وحدة المساحة عند استخدام مستخلص الطحالب البحرية. تفوقت المعاملة A2 (2 مل/لتر) بإنتاجية 4.73 كغ/م²، تلتها A1 (1 مل/لتر) بإنتاجية 4.26 كغ/م²، بينما سجلت A0 (الشاهد) أقل إنتاجية (3.52 كغ/م²). يُعزى هذا التأثير إلى احتواء مستخلص الطحالب على العناصر الغذائية الكبرى والصغرى، إلى جانب الهرمونات النباتية (أوكسينات، سيتوكينينات)، التي تحفز النمو الخضري وإنتاج الثمار. تتفق هذه النتائج مع دراسة (Baroud *et al.*, 2024)، التي أظهرت زيادة في إنتاجية وحدة المساحة إلى 4.8 كغ/م² عند الرش بمستخلص الطحالب بتركيز 2.5 مل/ل على نبات الفليفلة.

الجدول (8): تأثير مستخلص الطحالب البحرية على متوسط إنتاجية وحدة المساحة

مستخلص الطحالب البحرية (A)	ارتفاع النبات (سم)
A0 (0 مل/ل)	3.52 C
A1 (1 مل/ل)	4.26 B
A2 (2 مل/ل)	4.73 A
LSD (P < 0.05)	0.45

3. تأثير التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على متوسط إنتاجية وحدة المساحة (كغ/م²) لنبات الفليفلة صنف (أنظاكلي):

يبين الجدول (9) أن التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب أدى إلى فروق معنوية في إنتاجية وحدة المساحة. سجلت المعاملة H2A2 أعلى إنتاجية (5.47 كغ/م²)، بينما سجلت H0A0 (الشاهد) أقل إنتاجية (2.68 كغ/م²). لم تُظهر المعاملتان H2A1 وH1A2 فروقًا معنوية بينهما (5.04 و4.85 كغ/م² على الترتيب. تأتي بعدهما المعاملات H0A2، H1A0، H2A0 ، وH1A1 (4.05، 3.82، 3.88 ، و4.32 كغ/م²) على الترتيب. يعكس هذا التأثير المشترك بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب، حيث يعزز حمض الهيوميك امتصاص العناصر الغذائية، بينما يحفز مستخلص الطحالب النمو الخضري وإنتاج الثمار. تتفق هذه النتائج مع دراسة (Zamljen *et al*., 2024)، التي سجلت 4.9 كغ/م²، ودراسة (Baroud *et al*., 2024)، التي سجلت 4.8 كغ/م²، مما يعزز فعالية التكامل بين العاملين في تحقيق أعلى عائد اقتصادي.

الجدول (9): تأثير التداخل بين حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على متوسط إنتاجية وحدة المساحة

التداخل (H × A)	إنتاجية وحدة المساحة (كغ/م²)
H0 A0	2.68 f
H0 A1	3.43 e
H0 A2	3.88 d
H1 A0	3.82 d
H1 A1	4.32 c
H1 A2	4.85 b
H2 A0	4.05 cd
H2 A1	5.04 b
H2 A2	5.47 a
LSD (P < 0.05)	0.7

الحروف المختلفة (a, b, c, …) تدل على فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05.

الاستنتاجات:

1- تفوقت معاملات حمض الهيوميك ومستخلص الطحالب البحرية على الشاهد في جميع مؤشرات النمو الخضري وإنتاجية وحدة المساحة، بفضل احتوائهما على منظمات نمو، فيتامينات، وعناصر غذائية أساسية.

2- حققت المعاملة H2A2 (4 غرام/لتر حمض الهيوميك + 2 مل/لتر مستخلص الطحالب) أفضل النتائج لارتفاع النبات (60.93 سم)، عدد الأفرع الجانبية (8.26 فرع/نبات)، عدد الأوراق (250.9 ورقة/نبات)، وإنتاجية وحدة المساحة (5.47 كغ/م²).

3- سجلت معاملة الشاهد (H0A0) أدنى القيم لجميع المؤشرات (41.31 سم، 4.06 فرع/نبات، 195.9 ورقة/نبات، 2.68 كغ/م²).

التوصيات والمقترحات:

1- يُوصى باستخدام حمض الهيوميك (4 غرام/لتر) ومستخلص الطحالب البحرية (2 مل/لتر) لتحسين نمو نبات الفليفلة في ظروف المنطقة الداخلية.

2- دراسة تأثير هذه المعاملات على مقاومة الإجهادات البيئية.

3- توسيع الأبحاث على استخدام هذه المخصبات في مناطق بيئية مختلفة في سورية، خاصة المناسبة لزراعة نبات الفليفلة.

المراجع:

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، قسم الإحصاء. (2022). دمشق، سورية: وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

الهِرمزي، م. سعادة، م. (2010). دراسة تأثير التلقيح بالسيانوبكتريا المعزولة محليًا والرش بمستخلصات الطحالب البحرية (Algo600) في النمو والحاصل والصفات الكيميائية لنبات الشليك (Fragaria × ananassa Duch). مجلة جامعة تكريت للعلوم الصرفة, 11(3) , 40–50.

جندية، ح. (2003). فسيولوجيا أشجار الفاكهة (الطبعة الأولى). القاهرة، مصر: الدار العربية للنشر والتوزيع.

عبد اللطيف، ش.، ديوب، ع. ع.، النابلسي، س.، الدخيل، م.، إسماعيل، ع.، مصري، ب.، & سفان، م. (2020). الدليل الإرشادي لزراعة وإنتاج محصول الفليفلة. سورية: منظمة التنمية المحلية.

معلا، هـ. ع. (2019). تقييم فعالية بعض مستخلصات الأعشاب البحرية التجارية وأثرها في نمو وإنتاجية نبات الباذنجان (Solanum melongena L.) تحت ظروف الزراعة العضوية [رسالة ماجستير]. قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية.

Ampong, K., Thilakaranthna, M. S., & Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. Frontiers in Agronomy, 4, Article 848621.

Askari, S., Hassanpour, F., Piri, H., & Khammari, E. (2025). The effect of foliar application of seaweed extract on the yield, water productivity and quality of sweet peppers under irrigation water salinity conditions. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 18(6), 993–1005.

Baroud, S., Tahrouch, S., & Hatimi, A. (2024). Effect of brown algae as biofertilizer materials on pepper (Capsicum annuum) growth, yield, and fruit quality. Asian Journal of Agriculture, 8(1), 1–10.

Begum, M., Bordoloi, B. C., Singha, D. D., & Ojha, N. J. (2018). Role of seaweed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops: A review. Agricultural Reviews, 39(4), 321–326.

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.

Fadala, L., Taain, D., & Hassan, F. (2023). Role of humic acid and some spraying treatments in improving vegetative growth parameters, chemical components of leaves and yield of hot pepper plants (Capsicum annuum L.) planted in unheated plastic houses conditions. AIP Conference Proceedings, 2845(1), Article 020013.

FAO Statistics Division. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/ar/#data/QC

Ferrara, G., & Brunetti, G. (2010). Effect of the time of soil humic acid on berry quality of table grape (Vitis vinifera L.) cv. Italia. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(3), 817–822.

Howard, L. R., Smith, R. T., Wagner, A. B., Villalon, B., & Burns, E. E. (2000). Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (Capsicum annuum). Journal of Food Science*, 65(4), 614–619.

Jan, J., Nabi, G., Khan, M., Ahmad, S., Shah, P. S., & Hussain, S. (2020). Foliar application of humic acid improves growth and yield of chilli (Capsicum annuum L.) varieties. Pakistan Journal of Agricultural Research, 33(3), 461–467.

Melo, P., Abreu, C., Bahcevandziev, K., Araujo, G., & Pereira, L. (2020). Biostimulant effect of marine macroalgae bioextract on pepper grown in greenhouse. Applied Sciences, 10 (11), 4052.

Mohamed, M., & Hassan, A. A. S. A. (2025). Influence of seaweed extract, fulvic acid and poly amino acid on the growth and productivity of Capsicum annuum L. 'Super Nar' cultivar. Journal of Plant Production, 16(1), 7–11.

Ozbay, N., & Demirkiran, A. R. (2019). Enhancement of growth in ornamental pepper (Capsicum annuum L.) plants with application of a commercial seaweed product, Stimplex®. Applied Ecology and Environmental Research, 17(2), 3521–3532.

Pettit, R. E. (2003). Organic matter: Humus, humates, humic acid, fulvic acid and humin; Their importance in soil fertility and plant health. Retrieved from http://www.humate.info/mainpage.htm

Silva, R. F., Silva, I. L. M., Dias, B. O., Pereira, W. E., Campos, M. C. C., Meneses, C. H. S. G., Alves, J. C. G., Ribeiro, J. E. S., & Dias, T. J. (2024). Nutrient availability and growth of bell pepper plants under fertilization management with humic substances and cattle manure. Brazilian Journal of Biology, 84, Article e288232.

Singh, U., Kumar, A., Gola, S. K., Kumar, S., & Kumar, V. (2025). Impact of biostimulants on growth parameters of capsicum (Capsicum annuum L.). International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 10(1), 1–10.

Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The Capsicum crop: An introduction. In The Capsicum Genome (pp. 1–8). Springer .

Yang, F., & Antonietti, M. (2020). Artificial humic acids: Sustainable materials against climate change. Advanced Science, 7(5), Article 1902992.

Yong, T., & Chen, Y. (1997). Effect of humic substances on plant growth. Acta Horticulturae, 221, 235–244.

Yvonne, R., Indrani, A., Abdullah, A., & Lydia, O. (2018). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm Eisenia foetida. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 8(1), 23–36.

Zamljen, T., Grohar, M. C., & Slatnar, A. (2024). Effects of pre- and post-transplantation humic acid biostimulant treatment and harvest date on yield quantity and quality parameters of sweet peppers (Capsicum annuum L.). Scientia Horticulturae, 338, 113747.

Impact of Humic Acid and Seaweed Extract Treatment on Productivity of Pepper (*Antakli cultivar*)

Raghad Essa[1] *, Ghaithaa Wanas [1], Aziza Ajour[2], and Marwan Alabi [1]

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

[2]Dept. of Soil Section, Faculty of Agricultural Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(*Corresponding author: Raghad Essa, Email: raghadessa648@gmail.com).

Received: 19/ 05/ 2025 **Accepted: 21/ 07/ 2025**

Abstract

The research was conducted in Ain Al-Kroum village, Al-Ghab region, Hama Governorate, during the 2024 agricultural season to study the effect of two concentrations of humic acid (2, 4 g/L) and seaweed extract (1, 2 mL/L) on vegetative growth indicators and productivity per unit area of pepper (Capsicum annuum L., Antakli variety). The experiment included 9 treatments, including the control (0 g/L humic acid + 0 mL/L seaweed extract), with three replicates and 20 plants per treatment, following a split-plot design. The main plots were assigned to humic acid fertilization, while the subplots were assigned to foliar spraying with seaweed extract. The results showed significant improvements in plant growth and productivity when using humic acid, seaweed extract, or their combination. The H2A2 treatment (4 g/L humic acid + 2 mL/L seaweed extract) outperformed all other treatments, recording the highest values for vegetative growth indicators: average plant height of 60.93 cm, number of lateral branches of 8.26 branches/plant, number of leaves of 250.9 leaves/plant, and the highest productivity per unit area of 5.47 kg/m². In contrast, the control (H0A0) recorded the lowest values: 41.31 cm for plant height, 4.06 branches/plant, 195.9 leaves/plant, and 2.68 kg/m² for productivity. The H2 treatment (4 g/L humic acid) achieved the highest individual averages for vegetative growth (57.17 cm, 7.24 branches/plant, 241.1 leaves/plant) and productivity (4.85 kg/m²), while the A2 treatment (2 mL/L seaweed extract) recorded averages of 54.19 cm, 7.24 branches/plant, 232.5 leaves/plant, and 4.73 kg/m². These improvements are attributed to the combined effect of both factors, where humic acid enhances nutrient uptake, and seaweed extract promotes vegetative growth and fruit production through plant hormones and nutrients.

Keywords: Humic Acid, Pepper, Productivity, Seaweed Extract,Vegetative Growth