مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن– جامعة بني وليد – ليبيا
Website:https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
ISSN 3005-3900 الصفحات (21 -34) المجلد الحادي عشر – العدد الخامس – 2026

Effect of integrated application of humic acid and sulfur on some growth attributes and yield of maize (*Zea mays L.*) under arid soil conditions

Abdalla adda[1]*, Mohammed Elmahdi [2], Raid O. Eissa [3]
[1, 3] **Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Sebha University, Sebha, Libya**
[2] **Department of Population and Studies, Faculty of Arts and Science, Fezzan University, Wadi Etbah, Libya.**
abda.adda@sebhau.edu.ly

تأثير الإضافة المشتركة لحمض الهيومك والكبريت على بعض خصائص النمو والإنتاجية لمحصول الذرة (*Zea mays L.*) تحت ظروف الترب الجافة

عبدالله آده[1]*، محمد المهدي[2]، رياض عيسى[3]
[1، 3] قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة سبها، سبها، ليبيا
[2] قسم التخطيط والدراسات السكانية، كلية الآداب والعلوم، جامعة فزان، وادي عتبة، ليبيا

Received: 13-05-2026	Accepted: 15-06-2026	Published: 02-07-2026
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/).

الملخص:
لتقييم تأثير إضافة حمض الهيومك مع الكبريت على بعض خصائص النمو والحاصل لمحصول الذرة، إجريت تجربة حقلية خلال الموسم خريف 2025 بجنوب ليبيا، على تربة ذات قوام رملي طمي، واستخدم لذلك أربع معدلات لحمض الهيومك 0، 3، 4، 6 كجم هـ$^{-1}$، وأربع معدلات إضافة للكبريت 0، 100، 200، 300 كجم هـ$^{-1}$، واستخدم في تصميم التجربة الإحصائي، نظام القطاعات العشوائية الكاملة **RCBD**، بثلاث مكررات. النتائج أوضحت أن الإضافة المشتركة لحمض الهيومك والكبريت كان لها تأثير معنوي (***p*<0.05**) على معظم الصفات المدروسة. حيث أدت الإضافة إلى زيادة في طول النبات، طول الكوز، الوزن الجاف، وزن الكوز، وعدد الحبوب بالكوز، وكذلك زيادة في إنتاجية المحصول مقارنة بمعاملة الشاهد، وسجلت المعاملة 6 كجم هـ$^{-1}$ لحمض الهيومك مع 300 كجم هـ$^{-1}$ كبريت أعلى قيمة للصفات المدروسة وإنتاجية المحصول.

الكلمات الدالة: الكبريت، الترب الجافة، انتاجية الذرة، محصول الذرة ، حمض الهيومك.

Abstract
To evaluated the effect of integrated application of humic acid and sulfur on some growth attributes and yield of Mize, a field experiment was conducted on autumn season 2025, in southern Libya, a soil was loamy sand in texture. The treatments included four levels of humic acid viz: 0, 3, 4, 6 kg ha^{-1}, and four levels of sulfur viz 0, 100, 200, 300 kg ha^{-1}. The experimental design was completely randomized block design RCBD, with three replications. The results showed that the combined application of humic acid and sulfur fertilizer had a significant effect ($p < 0.05$) on the growth and yield characteristics of maize, leading to increases in plant height, cob length, cob weight, number of grains per cob, and grain yield compared with the control treatment. The treatment of 6 kg ha^{-1} humic acid along with 300 kg ha^{-1} was the best treatment, whereas, recorded the highest value of attributes growth and crop yield.
Keywords: arid soil, Humic acid, maize crop, sulfur, yield of maize.

مقدمة

يعد محصول الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) أحد محاصيل الحبوب الهامة، والتي تستخدم كغذاء للإنسان والحيوان على السواء، إذ تأتي في المرتبة الثالثة عالميا بعد القمح والأرز من ناحية الإنتاج [1] . فهي تحتوي على 81% كربوهيدرات، 10% بروتين، 45% زيت، 2% رماد، إضافة إلى بعض الفيتامينات كفيتامين A ،B1، B12[1، 2]، ويُقدَّر الإنتاج العالمي من الذرة بحوالي 1,218 مليون طن في عام 2024، وتحتل الولايات المتحدة الأمريكية المرتبة الأولى عالميًا في إنتاج الذرة، تليها الصين ثم البرازيل [3] ، ويمثل إنتاج الذرة الصفراء ما نسبته 46% من إنتاج الحبوب في القارة الإفريقية [4]. تُزرع الذرة الصفراء في ليبيا في المناطق الشمالية والجنوبية على حد سواء، حيث بلغ إنتاجها السنوي نحو 3.96 ألف طن عام 2022 [5].

ويعد محصول الذرة من المحاصيل المستهلكة للعناصر الغذائية بشكل كبير كغيرها من محاصيل الحبوب والتي تحتاج كمية كبيرة من السماد لتلبية إحتياجاتها الغذائية [6]، وبالرغم من الأهمية الإقتصادية لمحصول الذرة إلا إن هناك محدودية في المساحات المزروعة منه في ليبيا، إضافة إلى إنخفاض إنتاجيته، الأمر الذي ربما يعزى إلى عدم إتباع الإدارة المثلى للمحصول، وتشير الإحصائيات أن ليبيا تستورد معظم إحتياجاتها من الذرة حيث بلغت نسبة الواردات إلى إجمالي الاستهلاك نحو 65% في عام 2020 [7].

إن إضافة الأسمدة العضوية، سواءً منفردةً أو بالتكامل مع الأسمدة المعدنية، يمكن أن تؤدي دوراً مهماً في تحسين خصائص التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل، فضلاً عن الحد من الآثار البيئية السلبية الناجمة عن الاعتماد الكلي وغير الرشيد على الأسمدة المعدنية.

يعد حامض الهيومك أحد المركبات العضوية التي اصبحت تستخدم كمحسن للتربة لما له من تأثيرات إيجابية مباشرة أو غير مباشرة على خصائص التربة. يتكون حامض الهيومك بصورة أساسية من الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، النتروجين، بالإضافة إلى كميات قليلة الفوسفور والكبريت، فقد وجد أنه يعمل على تحسين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية [7]، وقد أشارت بعض الدراسات، أن إضافة 1 كجم من حمض الهيومك إلى التربة قد تعادل في تأثيرها إضافة نحو 1 طن من السماد العضوي [8]. وذكر درمش و آخرون [9] أن إستخدام حمض الهيومك له دور فعال في تحسين الخصائص الفيزوكيمائية للترب الصودية وبالتالي زيادة إنتاجية المحاصيل. كما وجد [10] أن إضافة حامض الهيومك كان له تأثير إيجابي على خصائص النمو والحاصل بإستثناء زمن الإنبات و قطر الكوز ونسبة البروتين ونسبة الزيت في الحبوب.

Mahmood et al. [6] وجدوا أن إضافة حمض الهيومك أدت إلى زياده معنوية في طول النبات والوزن الجاف وعدد الحبوب بالكوز و وزن 500 حبة ومحتوى النبات من الكلوروفيل وإلى زيادة في الحاصل بنسبة 341.7%. يمكن أن يضاف حمض الهيومك كإضافة أرضية للتربة أو رشاً على الاوراق، فقد أثبتت الدراسات أن اضافته كمحلول ورقي أدى إلى نتائج إيجابية بالنسبة للحاصل وخصائص النمو، حيث ذكر [11] أن الرش الورقي لحمض الهيومك بمعدل 500 ملغم لتر$^{-1}$ أدى إلى تحقيق أعلى قيم لعدد السنابل لكل متر مربع، وعدد الحبوب في السنبلة، والإنتاجية، ومؤشر الحصاد مقارنةً ببقية المعاملات.

يعد عنصر الكبريت أحد العناصر المغذية الهامة التي يحتاجها المحصول خلال فترة نموه، ويؤدي نقصه في التربة إلى العديد من المشاكل للنبات [12] ، فهو مهم لتخليق الكلوروفيل والزيت إضافة إلى تخليق الأحماض الدهنية وتكوين بعض الأحماض الامينية [13]، كما يؤدي الكبريت دورًا حيويًا في تكوين وتنشيط العديد من الإنزيمات والفيتامينات، وتحتاج المحاصيل الزيتية إلى كميات أكبر من الكبريت مقارنةً بمحاصيل الحبوب الأخرى [14]. وتُعد الإضافة المشتركة للأسمدة المعدنية والعضوية إلى التربة إستراتيجيةً فعّالة لتعظيم استفادة النبات من المغذيات المتاحة، وتحسين كفاءة استخدام العناصر الغذائية، فضلًا عن المحافظة على استدامة التربة والحد من المخاطر البيئية والزراعية الناتجة عن الاعتماد على الأسمدة المعدنية بصورة منفردة. ففي تجربة حقلية لمعرفة تأثير الإضافة الأرضية لحمض الهيومك مع إضافة الكبريت كرش ورقي لمحصول فول الصويا (Soybean)، وجد[15] أن إضافة حامض الهيومك بمعدل 9كجم هـ$^{-1}$ والكبريت بمعدل 8% أدى إلى زيادة معنوية في طول ووزن النبات، عدد الافرع، عدد الأوراق، طول وعدد القرون، عدد الحبوب بالقرن، وزن الحبوب، محتوى الزيت ونسبة البروتين مقارنة بمعاملة الشاهد.

تعد الترب الليبية كغيرها من ترب المناطق الجافة التي تعاني من إنخفاض محتواها من المادة العضوية والمغذيات النباتية وإرتفاع محتواها من كربونات الكالسيوم والأملاح الذائبة، إضافة إلى إرتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني pH، الأمر الذي ينعكس سلبا على إنتاجية المحاصيل وإستدامتها. لذا فإن الإهتمام ببرامج التسميد وإضافة محسنات التربة خاصة العضوية منها، من خلال إستراتيجية التكامل مابين العضوي والمعدني يمكن أن يعظم الأثر الإيجابي لهذه الإضافات على التربة والمحصول، ويقلل الفاقد من المغذيات النباتية، والتكلفة، ويزيد من الانتاجية، وبالتالي العائد الإقتصادي. لذا هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الإضافة المشتركة لحامض الهيومك مع الكبريت على بعض خصائص النمو والإنتاجية لمحصول الذرة تحت الظروف الجافة بجنوب ليبيا.

مواد وطرق البحث.

موقع الدراسة:

لتحقيق أهداف البحث، إجريت تجربة حقلية، بمنطقة السبيطات بوادي عتبه، جنوب ليبيا (" 10 '06 º26 شمالاً)، (" 28 '41 º13 شرقاً)، خلال فصل الربيع 2025، حيث تتميز منطقة الدراسة بمناخ جاف صحراوي، فمتوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى تصل إلى حوالي °39،°22 على التوالي، صيفاً، و°22، °6.5 على التوالي، شتاءً. فيما ينذر سقوط الأمطار في معظم فصول السنة، بينما تتراوح الرطوبة النسبية بين 24% صيفاً، 45% شتاءً، كمتوسط. [16]. تتميز تربة موقع الدراسة بأنها تربة خفيفة القوام، عميقة، فاتحة اللون، حيث صنفت على أنها تتبع صنف Typictorripsamments على مستوى المجموعة الكبرى، طبقا لنظام التصنيف الامريكي الحديث [17] ، والجدول1 يبين بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة.

العمل الحقلي:

تم إختيار محصول الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) صنف هجين ثلاثي أصفر352، كصنف اختبار. تم تنفيذ التجربة حقليا بإستخدام نظام تصميم القطع العشوائية الكاملة (RCBD) بعاملين:- العامل (a): حامض الهيومك، بأربع مستويات: 0، 2 ،3 ، 6 كجم هـ$^{-1}$:(H_0 ، H_1، H_2، H_3) على التوالي. العامل (b): أربع مستويات من الكبريت: 0، 100، 200، 300 كجم هـ$^{-1}$: (S_0، S_1، S_2، S_3) على التوالي، وبثلاث مكررات. أبعاد الوحدة التجريبية 130×200سم. تم ترك مسافة واحد متر بين القطعة والأخرى. تمت الزراعة يدوياً بتاريخ 15مارس2025، حيث تم وضع 5 بذور في كل حفرة على عمق 2- 4 سم تقريباً، المسافة بين النبتات 20سم، وبين السطور 60 سم، وبواقع 20 نبتة في كل وحدة تجريبية. تمت عملية الخف بعد الإنبات، بحيث تم ترك نبته واحدة بكل حفرة. عملية تنظيف الحشائش من الحقل تمت دورياً ويدويا كلما تطلب الأمر. أتبع نظام الري بالرش دورياً لري المحصول. تم إضافة الكبريت وخلطه بالتربة قبل موعد الزراعة بإسبوعين، كما تمت إضافة حمض الهيومك نتراً بعد عملية الإنبات بـ 10 أيام، وتمت إضافة السماد N, P, K بمعدل 150(N)، 100(P_2O_5)، 50 (K_2O) كجم هـ$^{-1}$ باستخدام سماد اليوريا 46%، فوسفات الامونيوم الثنائية (18-46%)، كبريتات البوتاسيوم (50%) على التوالي. تمت جميع الإضافات كإضافات أرضية، وتمت إضافة النيتروجين على ثلاث دفعات: (بعد شهر من الزراعة، بعد شهرين من الزراعة، وقبل خروج النورات)، بينما أضيف السماد الفوسفاتي على دفعتين (عند الزراعة، وبعد شهر من الزراعة)، فيما أضيف السماد البوتاسي على دفعتين أيضا (بعد خروج البادرات، وقبل خروج النورات المذكرة). بعد نضج المحصول تم أخذ 5 نبتات عشوائياً من السطور الوسطى من كل وحدة تجريبية لتقدير الصفات التالية: طول النبات، طول الكوز، وزن الكوز، عدد الصفوف بالكوز، عدد الحبوب بالكوز، وزن النبات الجاف، وزن 100 حبة، والإنتاجية (طن هـ$^{-1}$).

التحليل الاحصائي:

تم تحليل البيانات إحصائيا بإستخدام تحليل التباين (Two Way ANOVA) للصفات المدروسة، ومقارنة متوسطات المعاملات لإيجاد الإختلافات مابين المعاملات باستخدام LSD عند مستوى معنوية 5% طبقا لـ [18]، وطريقة Tukey لتمييز الفروق المعنوية مابين متوسط المعاملات، باستخدام برنامج Minitab 19.

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة لعمق 0-20 سم.

الخاصية	رمل %	سلت%	طين%	القوام	الكثافة الظاهرية $Mg\ m^{-3}$	EC dSm^{-1}	pH	مكافئ $CaCO_{3\%}$	صنف التربة
القيمة	83	10	7	رملي طمي	1.56	2.51	8.3	12	Typictorripsamments

جدول 2. خصائص حمض الهيومك المستخدم*

المكونات	حمض الهيومك	حمض الفولفيك	KOH	pH
النسبة	%50	%40	%10	10-9

* الاسم التجاري لحمض الهيومك المستخدم: بلاك ستار (Black star)

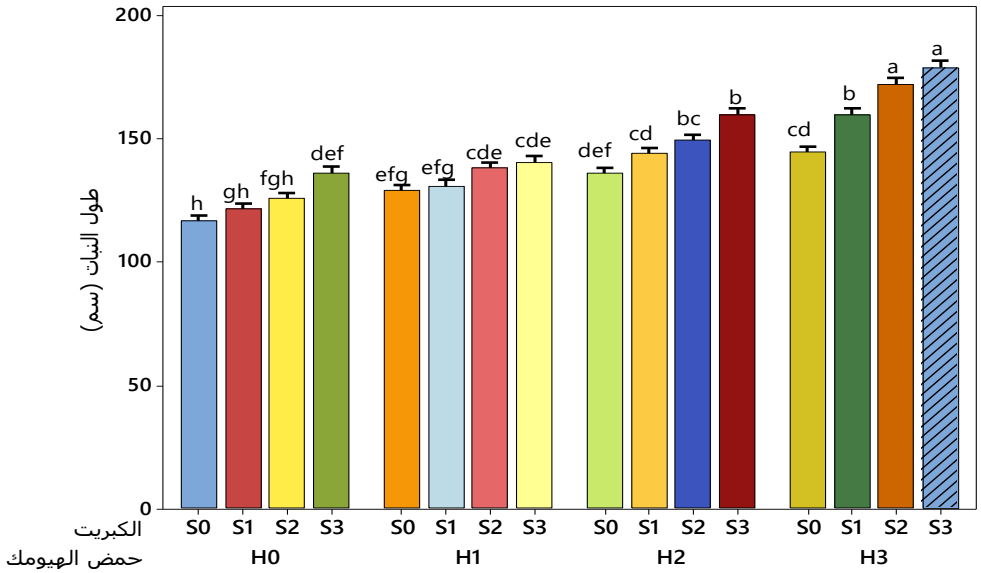
النتائج:

1- طول النبات:

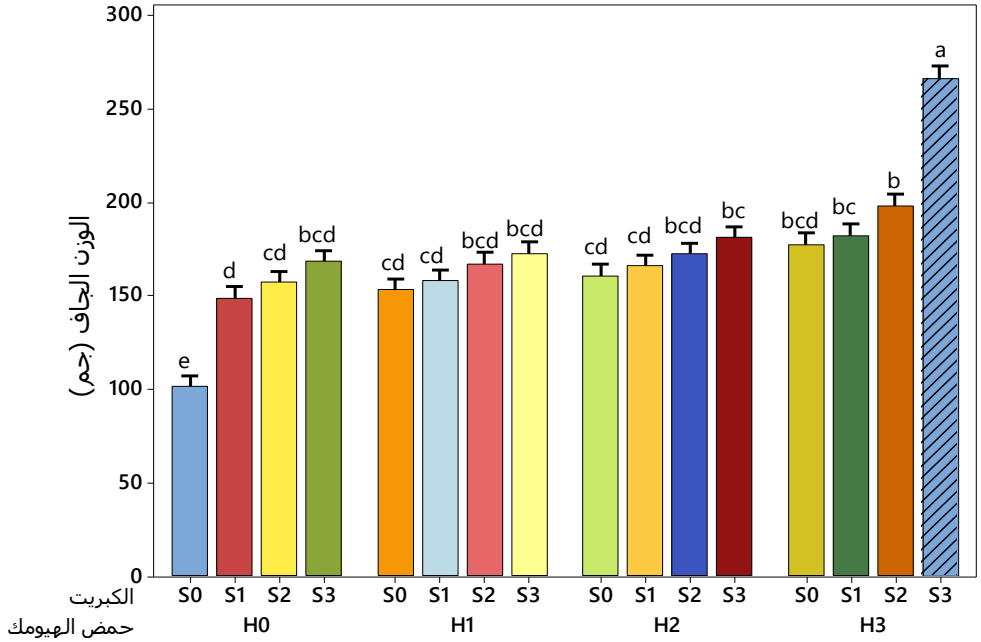
أظهرت النتائج أن اضافه حمض الهيومك أدت إلى زيادة معنوية في طول النبات مقارنة بمعاملة الشاهد (شكل 1). حيث أدت زيادة معدل إضافة حمض الهيومك إلى زيادة تدريجية في طول النبات. فقد سجلت الإضافة زيادة مقدارها 7.7%، 17.9%، 31.1%. كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي مقارنة بمعاملة عدم الإضافة (H_0). وسجلت المعاملة H_3 (6 كجم هـ$^{-1}$) أعلى متوسط لطول النبات بلغ 164 سم. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه كل من[6، 19] كما تبين النتائج أن إضافة الكبريت للتربة أدت إلى زيادة معنوية في طول النبات مقارنة بمعاملة عدم الإضافة، وأن الزيادة في معدل إضافة الكبريت أدت الي زيادة طول النبات، حيث بلغت نسب الزيادة 5.9%، 11.0%، 17.% كمتوسطات للمعاملات S_1، S_2، S_3 على التوالي مقارنة بمعاملة الشاهد (S_0). وقد سجلت المعاملة S_3 (300 كجم هـ$^{-1}$) أعلى متوسط لطول النبات بلغ 145 سم. وأظهرت النتائج أيضًا أن التداخل بين حمض الهيومك والكبريت كان له تأثير معنوي في طول النبات (شكل 1)، حيث سجلت المعاملة H_3S_3 أعلى قيمة لطول النبات بلغت 179.3 سم، بزيادة قدرها 54.5% مقارنة بمعاملة الشاهد H_0S_0 التي سجلت 116 سم. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [20].

2- الوزن الجاف.

شكل(2) يبين تأثير إضافة حمض الهيومك والكبريت على خصائص النمو والإنتاجية للمحصول حيث أوضحت النتائج وجود تأثير إيجابي معنوي لإضافة حمض الهيومك إلى التربة على صفة الوزن الجاف، إذ أدى ارتفاع معدل الإضافة إلى زيادة الوزن الجاف بنسبة 13.1% و18.2% و43.3% كمتوسط للمعاملات H_1و H_2و H_3على التوالي مقارنة بمعاملة الشاهد(H_0). كما تشير النتائج أن إضافة الكبريت أثرت معنوياً في الوزن الجاف مقارنة بمعاملة الشاهد. وكانت العلاقة بين معدل إضافة الكبريت والوزن الجاف علاقة طردية، حيث بلغ معدل الزيادة في الوزن الجاف نتيجة التسميد بالكبريت 10.3%و17.1% و33.0% كمتوسط للمعاملات S_1 ، S_2، S_3 على التوالي مقارنة بالمعاملة غير المسمدة بالكبريت. وأوضحت النتائج أن التداخل بين إضافة حمض الهيومك والكبريت كان معنويا ($p \leq 0.05$). حيث سجلت جميع المعاملات المعاملة بحمض الهيومك والكبريت زيادة معنوية مقارنة بمعاملة الشاهد H_0S_0، وقد سُجلت أعلى قيمة للوزن الجاف في المعاملةH_3S_3 ، إذ بلغت 267 جم.



شكل 1. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على طول النبات. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)



شكل 2. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على الوزن الجاف. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)

3- طول الكوز

أوضحت النتائج المبينة في الشكل(3) أن إضافة حمض الهيومك أثر إيجاباً على صفة طول الكوز، حيث أدت الإضافة إلى زيادة بمقدار 11.1%و24.6% و38.5% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي مقارنة بالمعاملة H_0، كما أن إضافة الكبريت اثرت معنويا على صفة طول الكوز، إذ أدى ارتفاع معدلات الإضافة إلى زيادة طول الكوز بنسبة 4.9% و8.4% و15.8% كمتوسط للمعاملات S_1 و S_2و S_3على التوالي، مقارنة بالمعاملة S_0

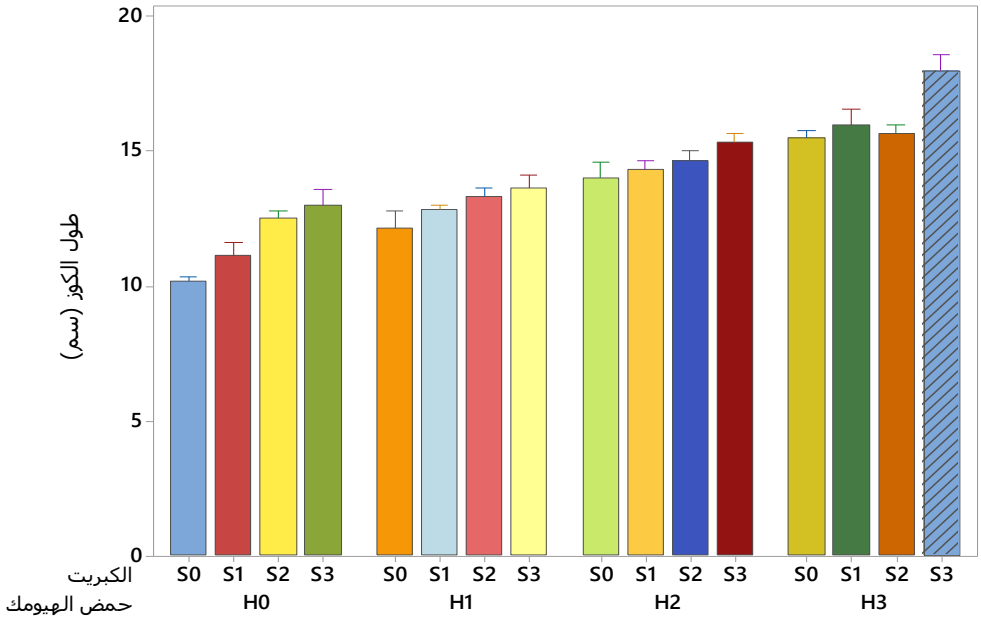
أما بالنسبة لتأثير التداخل، فقد أظهرت جميع المعاملات إستجابة معنوية لإضافة حمض الهيومك والكبريت معاً، مقارنة بمعاملة الشاهد H_0S_0، حيث كانت أعلى قيمة لطول الكوز في المعاملة H_3S_3 (18سم).

4- عدد الصفوف بالكوز.

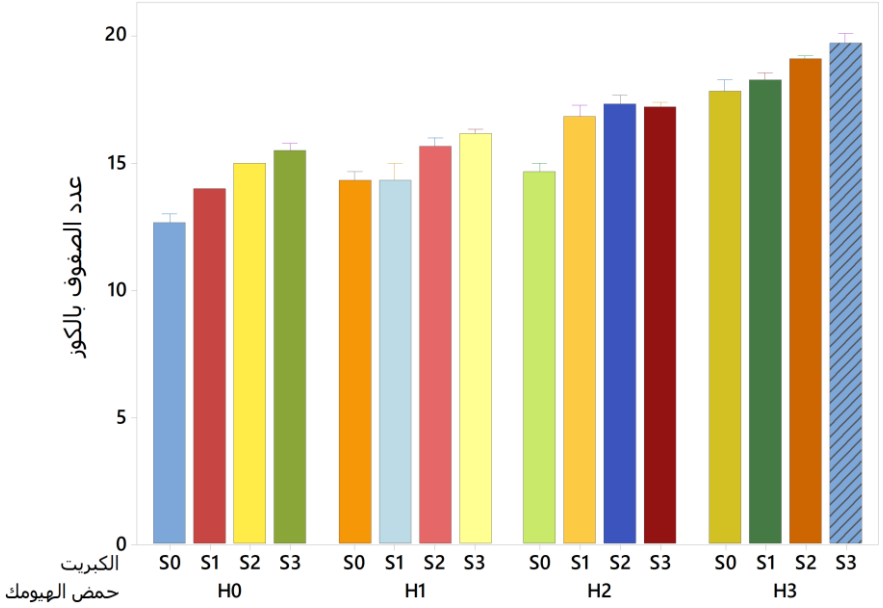
أظهرت النتائج تأثيرا معنويا لإضافة حمض الهيومك على صفة عدد الصفوف بالكوز مقارنة بالمعاملة التي لم تعامل بالحمض، حيث لوحظ أن زيادة معدل الإضافة أدت إلى زيادة عدد الصفوف بنسبة 5.6% و15.4% و 30.8% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 مقارنة بالمعاملة H_0. هذه النتائج تتفق مع ما وجده [21] .اما بالنسبة لتأثير الكبريت على عدد الصفوف بالكوز، فقد أظهرت المعاملات فروق معنوية فيما بينها كمتوسطات، وسجلت المعاملات S_1، S_2، S_3 زيادات بلغت 6.8%، 12.8%،15.5% على التوالي مقارنة بالمعاملة S_0 (شكل 4). كما دلت النتائج على أن التداخل بين إضافة حمض الهيومك والكبريت لم يكن معنويا على صفة عدد الصفوف بالكوز.

5- وزن الكوز

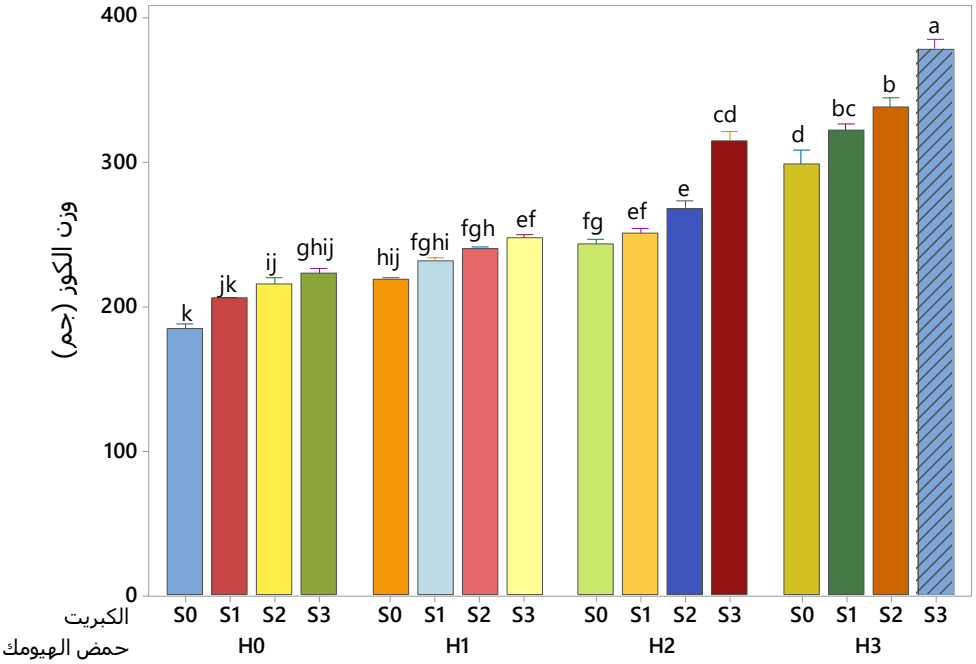
تشير النتائج المبينة بالشكل (5) إلى أن صفة وزن الكوز تأثرت معنويا نتيجة إضافة حمض الهيومك، فقد لوحظ إزدياد تدريجي في وزن الكوز مع زيادة معدلات الإضافة لحمض الهيومك حيث كانت 13.1%، 29.7%، 61.1% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي، مقارنة بالمعاملة الشاهد H_0. هذا يتفق مع ما ذكره [22، 23]، كما اوضحت النتائج أن وزن الكوز تأثر معنوياً بإضافة الكبريت، فقد أظهرت معدلات الزيادة في إضافة الكبريت زيادة في وزن الكوز مقارنة بالمعاملة S_0 بمقدار 6.8%، 12.3%، 23.1% كمتوسط للمعاملات S_1، S_2، S_3 على التوالي. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [24]. أما بالنسبة للتداخل فقد كان معنوياً ($p < 0.05$). حيث أظهرت المعاملة H_3S_3 أعلى إستجابة للإضافة المشتركة لحمض الهيومك والكبريت (378 جم) وبزيادة قدرها 80% مقارنة بمعاملة الشاهد والتي سجلت أقل قيمة (185جم).



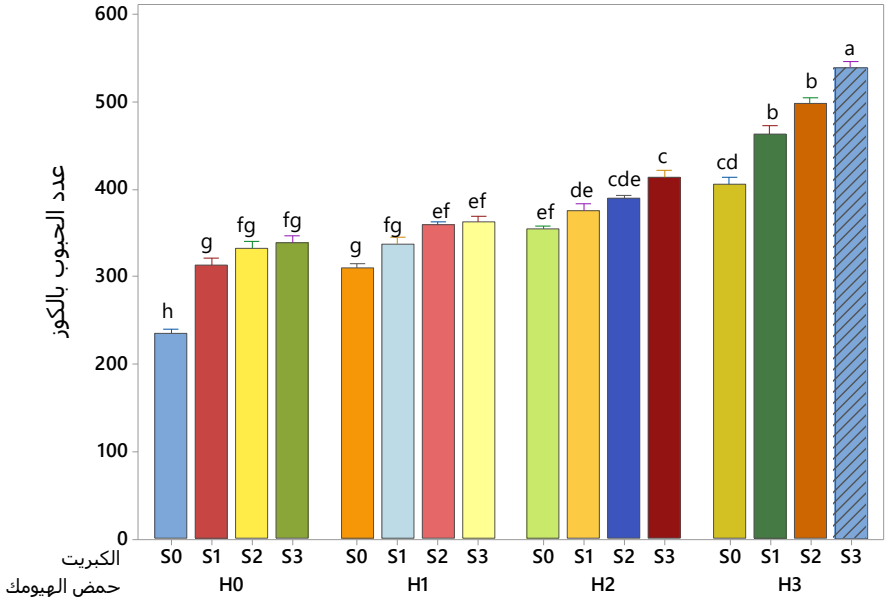
شكل 3. تأثير مستويات حمض الهيومك (H0–H3)والكبريت(S0–S3) والتداخل بينهما على طول الكوز. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية (p <0.05)



شكل 4. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على عدد الصفوف بالكوز. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)



شكل 5. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على وزن الكوز. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)



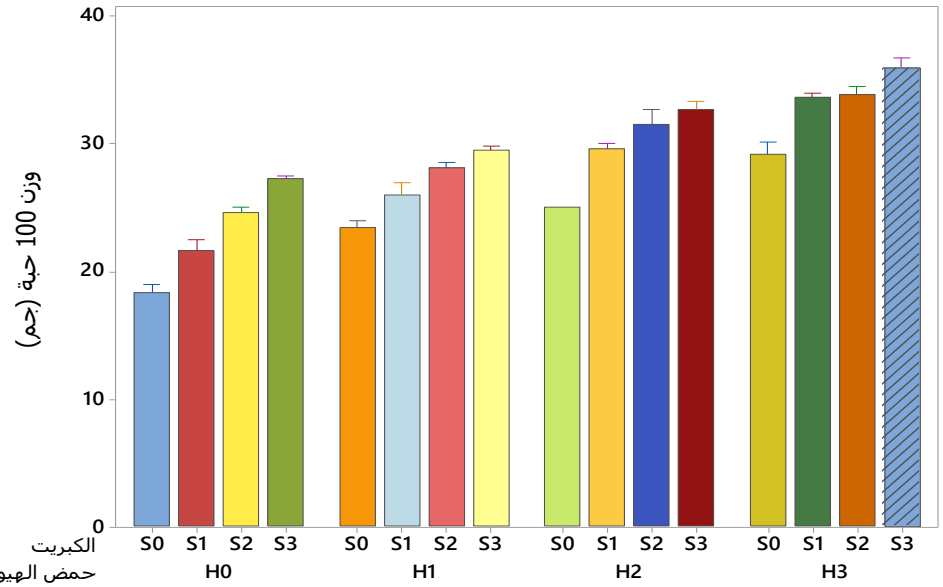
شكل 6. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على عدد الحبوب بالكوز. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)

6- عدد الحبوب بالكوز

ظهرت النتائج المبينة في الشكل (6) أن صفة عدد الحبوب بالكوز استجابت معنوياً لإضافة حمض الهيومك، حيث أدت زيادة معدل الإضافة إلى زيادة عدد الحبوب بالكوزبنسبة 12.2%، 26.0%، 56.4% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي مقارنة بالمعاملة H_0، هذا يتفق مع ما توصل إليه [6]. وبالمثل أدت إضافة الكبريت إلى زيادة معنوية في صفة عدد الحبوب بالكوز في جميع المعاملات بمقدار 14.0%، 21.0%، 26.7% كمتوسط للمعاملات S_1، S_2، S_3 على التوالي مقارنة بالمعاملة S_0. كما بينت النتائج أن التداخل بين إضافة حمض الهيومك والكبريت كان معنوياً ($P<0.05$)، حيث سجلت المعاملة H_3S_3 أعلى قيمة لعدد الحبوب بالكوز بلغت 505.3 حبة، وبزيادة قدرها 102.1% مقارنة بمعاملة الشاهدH_0S_0. وتتفق هذه النتيجة مع ما ذكره [25]، والذي خلص إلى أن الإضافة المشتركة لحمض الهيومك والكبريت اثرت معنوياً على صفة عدد الحبوب بالكوز.

7- وزن 100 حبة

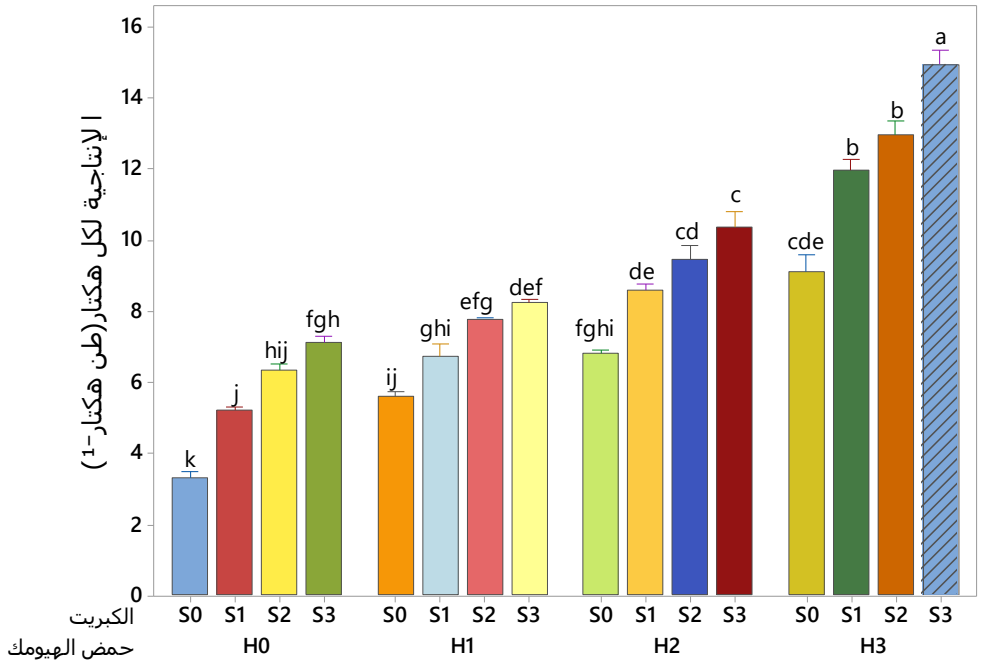
تشير النتائج المبينة في الشكل (7) إلى أن إضافة حمض الهيومك أثرت معنوياً في صفة وزن الحبوب، حيث لوحظ أن زيادة معدل الإضافة أدت إلى زيادة وزن الحبوب بنسبة16.1%، 29.0%، 43.9% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي مقارنة بالمعاملة H_0، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [26]، كما بينت النتائج أن إضافة عنصر الكبريت اثرت معنوياً في وزن 100حبه، حيث أدت زيادة معدلات الإضافة إلى زيادة وزن الحبوب بنسبة 6.8%، 12.3%، 23.1% كمتوسط للمعاملات S_1، S_2، S_3 على التوالي، مقارنة بالمعاملةS_0، وفي المقابل، أظهرت النتائج أن التداخل بين إضافة حمض الهيومك والكبريت لم يكن معنوياً.



شكل 7. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على وزن 100 حبة. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)

8- الإنتاجية لكل هكتار

تشير البيانات الموضحة بالشكل (8) إلى أن الإضافة الارضية لحمض الهيومك أدت إلى زيادة معنوية في إنتاجية المحصول مقارنة بمعاملة عدم الإضافة، وأن هذه الزيادة تناسبت طرديا مع معدل إضافة حمض الهيومك وبنسبة مئوية 31.5%، 63.0%، 125.9% كمتوسط للمعاملات H_1، H_2، H_3 على التوالي، مقارنة بالمعاملة H_0. هذا يتفق مع ما توصل إليه[27، 28]. كما أوضحت النتائج إرتفاعا معنويا في إنتاجية المحصول نتيجة إضافة عنصر الكبريت، حيث بلغت الزيادة 30.6%، 46.8%، 62.9% كمتوسط للمعاملات S_1، S_2، S_3على التوالي مقارنة بمعاملة عدم إضاقة الكبريت S_0، والتي سجلت أقل قيمة لإنتاجية الذرة (5.4 طن هـ$^{-1}$). وتتفق هذه النتائج مع ما ذكره [29]. كما أظهرت النتائج أن التداخل بين إضافة حمض الهيومك والكبريت كان معنويا عند مستوى الدلالة 5%، حيث تحققت أعلى إنتاجية عند إضافة 6 كجم هـ$^{-1}$ من حمض الهيومك مع 300 كجم هـ$^{-1}$ من الكبريت) المعاملة(H3S3 ، إذ بلغت 14.9 طن هـ$^{-1}$، بزيادة قدرها 351.5% مقارنة بمعاملة الشاهد (H_0S_0) التي سجلت أدنى إنتاجية بلغت 3.3 طن هـ$^{-1}$. وتتفق هذه النتيجة مع ما وجده. [30]



شكل 8. تأثير مستويات حمض الهيومك (H_0–H_3) والكبريت (S_0–S_3) والتداخل بينهما على إنتاجية المحصول. تمثل القيم المتوسط ± الخطأ المعياري، وتشير الأحرف المختلفة فوق الأعمدة إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية($p < 0.05$)

المناقشة

أوضحت النتائج المدرجة في الاشكال (1-8) أن إضافة حمض الهيومك والكبريت أدت إلى زيادة معنوية في صفات النمو المدروسة والإنتاجية مقارنة بمعاملة الشاهد، وأن العلاقة مابين معدلات الإضافة وصفات النمو والإنتاجية كانت علاقة طردية. ويمكن أن يُعزى هذا التأثير إلى دور حمض الهيومك في زيادة إمتصاص الأيونات أحادية التكافؤ، مثل الأمونيوم والبوتاسيوم وتحفيز نمو الجذور وزيادة نشاطها، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية من التربة [31]. كما أشار [32، 33] إلى أن حمض الهيومك يسهم في تحسين امتصاص العناصر الصغرى، مثل الزنك (Zn) والمنجنيز (Mn) والنحاس(Cu).

إضافة إلى خصائصه العضوية التي تمكنه من خلب الكثير من العناصر المغذية وتحويلها إلى صورة جاهزة للإمتصاص من قبل النبات مما يؤدي إلى تحسين كفاءة الإمتصاص وتعزيز النمو النباتي [30، 34]، يُعزى هذا التأثير أيضاً إلى التركيب الكيميائي لحمض الهيومك، إذ يحتوي على العديد من المجموعات الوظيفية الفعالة المحتوية على الأكسجين، مثل مجموعات الكربوكسيل (-COOH) ، والهيدروكسيل (-OH) ، والكربونيل (C=O) ، والمركبات الفينولية، والتي تؤدي دوراً مهماً في زيادة السعة التبادلية وتحسين جاهزية العناصر الغذائية للنبات. كما أن لحمض الهيوميك خصائص غروية، الأمر الذي يساهم في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة وتكوين تجمعات التربة وتحسين مساميتها وبالتالي زيادة قدرتها على الإحتفاظ بالماء وتقليل نسبة التبخر[34-37]، وكذلك تحسين امتصاص الماء والعناصر الغذائية بواسطة النبات من خلال تحسين نفاذية خلايا الجذور [31]، وزيادة محتواها من المواد العضوية في التجمعات الكبيرة للتربة، والتقليل من ملوحة التربة ودرجة حموضتها في الطبقة السطحية (0-10 سم)، ويُعزز الكتلة الحيوية فوق سطح الأرض، والكتلة الحيوية للجذور، وإنتاجية الذرة [36]، الأمر الذي يعمل على زيادة نشاط الكائنات الحية وحيوية النبات [31]، كما أشار [38] إلى أن إضافة حمض الهيومك له تأثير إيجابي على محتوى الكلوروفيل (ا، ب)، وبالتالي على كفاءة عملية البناء الضوئي، حيث تشير الأبحاث أن حمض الهيومك يحفز عملية البناء الضوئي عن طريق زيادة نشاط انزيم الربيسكو (RuBisCO)، والذي له دور أساسي في تثبيت الكربون وتحويله الى سكريات [39]. كما أن حمض الهيوميك يحتوي على مُنظمات نمو مُتنوعة للمحاصيل، مثل الأحماض الأمينية والفيتامينات والهرمونات النباتية، التي تُحفز نمو وتطور جذور المحاصيل [40، 41].

اضافة إلى ان الكبريت أحد العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات، وأن المعاملات التي عوملت بالكبريت أظهرت تفوقا معنويا مقارنة بالمعاملات غير المسمدة بالكبريت وهذا ربما يرجع إلى الأكسدة البيولوجية للكبريت وتحوله من الصورة العنصرية إلى حامض الكبريتيك، الأمر الذي أدى إلى خفض الرقم الهيدروجيني (pH)للتربة، وبالتالي تيسر بعض المغذيات النباتية كالفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى [20، 42] مما يساهم في تنشيط انقسام الخلايا وبالتالي زيادة استطالة النبات. كما أن الكبريت أحد العناصر المغذية الأساسية والذي تدخل في تركيب بعض الأحماض الامينية المكونة للبروتين، ويساهم في تخليق الكلوروفيل. Magnucka et al. [43] ذكر أن إضافة عنصر الكبريت للتربة أدى إلى زيادة نسبة المادة العضوية في التربة. كما أشار [44] إلى أن التسميد بعنصر الكبريت له تأثير إيجابي على محتوى النبات من N,P,K,S نتيجة تحسن بيئة المغذيات في منطقة الجذور. لذلك فإن جميع هذه التأثيرات ربما ساهمت في تحسين الصفات المورفولوجية للنبات وصفات النمو، وبالتالي وانعكس ذلك إيجاباً على إنتاجية المحصول.

الخلاصة

أظهرت نتائج الدراسة أن الإضافة المشتركة لحمض الهيومك والكبريت أدت إلى تحسين معنوي ($p \leq 0.05$) في معظم صفات النمو ومكونات الحاصل وإنتاجية محصول الذرة مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد إنعكس ذلك في زيادة طول النبات وطول الكوز ووزنه وعدد الصفوف والحبوب في الكوز ووزن 100 حبة، مما أسهم في رفع الإنتاجية النهائية للمحصول. كما بينت النتائج وجود استجابة إيجابية لزيادة معدلات حمض الهيومك والكبريت، حيث سجلت معاملة 6 كجم هـ$^{-1}$ من حمض الهيومك مع 300 كجم هـ$^{-1}$ من الكبريت أعلى القيم لمعظم الصفات المدروسة وأعلى إنتاجية للمحصول. ويمكن أن يعزى ذلك إلى الدور التكاملي لحمض الهيومك في تحسين خواص التربة وزيادة جاهزية العناصر الغذائية، وإلى أهمية الكبريت في تعزيز العمليات الحيوية والغذائية للنبات، وتشير هذه النتائج إلى أن الإدارة المتكاملة لحمض الهيومك والكبريت تمثل خياراً فعالاً لتحسين نمو وإنتاجية الذرة في الترب الجافة، ويوصى بتطبيق هذه المعاملة في الظروف البيئية المشابهة لمنطقة الدراسة، مع إجراء المزيد من الدراسات لتقييم استجابتها تحت ظروف تربة ومناخ مختلفة.

References

[1] العيبان، طلال .النومان، هيامز النومان، ياسمين. (2025). تأثير مواعيد الزراعة في صفات النمو والإنتاجية لبعض التراكيب الوراثية المدخلة من الذرة الصفراء تحت ظروف محافظة دير الزور. *مجلة جامعة الفرات للبحوث والدراسات العلمية*، 72: 1-21

[2] المحمدي، سعيد علوي فياض. رسمي محمد حمد الدليمي. ثامر مهيدي بدوي الدليمي. (2015). تأثير التغذية الورقية بالزنك وفترات الري في بعض صفات النمو والإنتاجية لنبات الذرة الصفراء (Zea mays L.). *مجلة الانبار للعلوم الزراعية*. 13(1): 265-279.

[3] FAO. (2025). *Agricultural production statistics – 2010–2024* (FAOSTAT Analytical Brief No.121.. https://doi.org/10.4060/cd8035en

[4] Galani, Y. J. H., Orfila, C., & Gong, Y. Y. (2022). A review of micronutrient deficiencies and analysis of maize contribution to nutrient requirements of women and children in Eastern and Southern Africa. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(6), 1568–1591. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1844636

[5] FAO. (2021). Cereal production. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

[6] Mahmood, A. Y., Firas, W. A., Iman, Q. M., & Kusay, A. W. (2020). Effect of organic, mineral fertilizers and foliar application of humic acid on growth and yield of corn (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Ecology*, *47*(10), 39–44. https://hal.science/hal-05304950v1

[7] FAO. (2025). GIEWS Country Brief The State of Libya. https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp

[8] Liu, C., Shang, H. Z., Han, L. H., & Sun, X. R. (2024). Effect of alkali residue and humic acid on aggregate structure of saline-alkali soil. *Soil Science Society of America Journal*, *88*, 291–303. https://doi.org/10.1002/saj2.20624

[9] Buyukkeskin, T., & Akinci, S. (2011). The effects of humic acid on above-ground parts of broad bean (*Vicia faba* L.) seedlings under Al(3+) toxicity. *Fresenius Environmental Bulletin*, *20*(3), 539–548.

[10] درمش، محمد خلدون. بهلوان، محمد حسان. الخلف، يوسف وليد. (2019). تأثير حمض الهيوميك ومعامل الغسيل في محتوى الترب الطينية من المادة العضوية وإنتاجية محصول القمح تحت الري بمستويات مختلفة من المياه المالحة. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 6 (1): 3013-303.

[11] Eryiğit, T., and Husamalddin, A. H. (2023). Effects of different humic acid doses on yield and quality properties of corn (*Zea mays* L.) in Iraq-Sulaymaniyah conditions. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *13*(2), 1377–1393.

[12] Junaid, A. M. A., Dulaimy, A., & Waleed, A. T. (2020). Effect of humic acid on growth and yield of barley as interacted with row spacing. *Indian Journal of Ecology*, *47*(10), 62–65.

[13] Rheinheimer, D. S., Rasche, J. W. A., Osorio Filho, B. D., & Silva, L. S. (2007). Responses to sulphur application and recuperation in greenhouse crops in soils with different clay and organic matter content. *Ciência Rural*, 37(2), 363–371. https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000200022

[14] Horowitz, N., & Meurer, E. J. (2006). Oxidation of elemental sulfur in tropical soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *30*(4), 822–828. https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000400016

[15] Abou Seeda, M. A., Abou El-Nour, E. A. A., Yassen, A. A., Gad, M. M., & Zaghloul, S. M. (2020). Importance of sulfur and its roles in plants physiology: A review. *Current Science International*, *9*(2), 198–231.

[16] Aamir, S., Uzair, A., Raja, A. K., Muhammad, H. A. K., Ikramullah, Abuzar, I., Muhammad, A., Usman, B., Sharif, A., & Abdullah. (2025). Application of humic acid and foliar sulfur positively affect yield and related attributes of soybean under the agroclimatic region of Peshawar Pakistan. *Pure and Applied Biology*, *14*(1), 8–20. https://doi.org/10.19045/bspab.2025.140002

[17] محطة الأرصاد الجوب -أوباري. (2025). المتوسطات الشهرية للبيانات المناخية بمحطة إرصاد أوباري- محطة رقم 6002 -(2019-2025).

[18] Soil Survey Staff. (2022). Keys to Soil Taxonomy. USDA. National resource conservation service. Thirteen edition. PP. 183.

[19] Sarma, Abhijit. (2016). Agricultural Statistics or field and laboratory experimental . Kalyani Publishers, New Delhi-110002. PP 134—138.

[20] Taj AL-Deen MM and AL-Barakat HNK 2017. Effect of biofertilizer and humic, fulvic acid application on growth and productivity corn plant Zea mays L. Journal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences 5(1): 1-12.

[21] Elsaggan, and Rashed. (2020). Effect of organic fertilizer rates and sulfur on growth and productivity of broad bean under south sinai conditions. *Egyptian Journal of Desert Research*, *70*(2), 137-151.

[22] Muhammad, I. K., Mohammad, Q., Muhammad, S., Hamayun, K., Muhammad, A., & Muhammad, R. (2015). Response of maize crop to different levels of humic acid. *Life Sciences International Journal*, *9*, 3116–3120.

[23] Ebtisam, I. K., Sabreen, K., Abd El Hady, M. (2012): Improving soil properties, maize yield components grown in sandy soil under irrigation treatments and humic acid application. – Australian Journal of Basic and Applied 6: 587-593.

[24] Daur, I., Ahmed, A. B. (2013): Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. – Pakistan Journal Botany 45: 21-25.

[25] Nader, R. H., & Nadia, M. H. (2011). Effects of elemental sulphur and partial substitution of N-mineral fertilizer by organic amendments on some properties of slight saline soils. *Journal of Applied Sciences Research*, *7*, 2102–2111.

[26] Choudhary, R., Singh, D., Singh, P., Dadarwal, R. S., & Chaudhari, R. (2013). Impact of nitrogen and sulfur fertilization on yield, quality and uptake of nutrient by maize in southern Rajasthan. *Annals of Plant and Soil Research*, *15*, 118–121.

[27] Balbaa, M. G., & Awad, A. M. (2013). Effect of humic acid and micronutrients foliar fertilization on yield, yield components and nutrients uptake of maize in calcareous soil. *Journal of Plant Production*, *4*, 773–785. DOI: 10.21608/jpp.2013.73071

[28] Turan, M. A., Asik, B. B., Katkat, A. V., Celik, H. (2011): The effects of soil-applied humic substances to the dry weight and mineral nutrient uptake of maize plants under soil salinity conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39: 171-177. DOI: 10.15835/nbha3915812

[29] Awwad, M. S., El-Hedek, K. S., Bayoumi, M. A., Eid, T. A. (2015): Effect of potassium humate application and irrigation water levels on maize yield, crop water productivity, and some soil properties. *Journal of Soil Science and Agriculture Engineering* 6: 461 482. DOI: 10.21608/jssae.2015.42193

[30] Khan, M. J., Muhammad, H. K., Riaz, A. K., Muhammad, T. J. (2006): Response of maize to different levels of sulfur. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 1-2. https://doi.org/10.1080/00103620500403804

[31] Maruf, M. T. and Mam-Mam-Rasul, G. A.(2019). Effect of humic acid and sulfur fertilizer levels on some physiological traits of maize (zea mays l.) On calcareous soil. *Applied Ecology and Environmental Research. 17(6)*:13199-13217.
DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1319913217

[32] Dursun, A., Guvenc, I., & Turan, M. (2002). Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agrobotanica*, *56*, 81–88.

[33] Hakan, C., Vahap Katkat, A., Bulent Asık, B., & Turan, M. A. (2011). 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*, *42*, 29–38. https://doi.org/10.1080/00103624.2011.530283

[34] Celik, H., Ali, V. K., Baris, B. A., & Murat, A. T. (2010). Effect of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous soil conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, *97*, 15–22.

[35] Liu, M. L., Wang, C., Liu, X. L., Lu, Y. C., & Wang, Y. F. (2020). Saline-alkali soil applied with vermicompost and humic acid fertilizer improved macroaggregate microstructure to enhance salt leaching and inhibit nitrogen losses. *Applied Soil Ecology*, *156*, Article 103705. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103705

[36] Jiang, L., Li, Y. M., Shao, Y., Zhang, Y., Han, R. M., Li, S. Y., & Wei, W. (2018). Enhanced removal of humic acid from aqueous solution by novel stabilized nano-amorphous calcium phosphate: Behaviors and mechanisms. *Applied Surface Science*, *427*, 965–975. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.08.104

[37] Liu, M., Wang, C., Wang, F., & Xie, Y. (2019). Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil. *Applied Soil Ecology*, *142*, 147–154. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.024

[38] Li, G., Shan, Y., Nie, W., Sun, Y., Su, L., Mu, W., Qu, Z., & Yang, T. (2025). Humic acid improves water retention, maize growth, water use efficiency and economic benefits in coastal saline-alkali soils. *Agricultural Water Management*, *309*, Article 109323. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109323

[39] Aylaj, M., Sisouane, M., El Krati, M., & Tahiri, S. (2025). Effects of humic acid extracted from organic waste compost on maize seedlings under cadmium stress. *Journal of Ecological Engineering*, *26*(8), 153-173. https://doi.org/10.12911/22998993/203888

[40] Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005) Effect of Foliar Application of N and Humic Acids on Growth and Yield of Durum Wheat. Agronomy for Sustainable Development, 25, 183-191. DOI: 10.1051/agro:2005017

[41] Abdel-Razzak, H., El-Sharkawy, G.A., 2013. Effect of biofertilizer and humic acid applications on growth, yield, quality and storability of two garlic (Allium sativum L.) cultivars. Asian J. Crop Sci. 5, 48–64. https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.48.64.

[42] Fan, H., Wang, X., Sun, Xia, Li, Y., Sun, Xianzhi, Zheng, C., 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. Sci. Hortic. 177, 118–123. https://doi.org/10.1016/j. scienta.2014.05.010.

[43] Badawy, F. H., Ahmed, M. M., El-Rewainy, H. M., & Ali, M. A. (2011). Response of wheat grown on sandy calcareous soils to organic manures and sulfur application. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *89*(3), 785–807. DOI: 10.21608/ejar.2011.176484

[44] Magnucka, E. G., Kulczycki, G., Oksińska, M. P., Kucińska, J., Pawęska, K., Milo, Ł., & Pietr, S. J. (2023). The effect of various forms of sulfur on soil organic matter fractions and microorganisms in a pot experiment with perennial ryegrass (Lolium perenne L.). *Plants*, *12*(14), 2649. https://doi.org/10.3390/plants12142649

[45] Bawaliya, S. C., Jakhar, R. K., & Sunda, S. L. (2023). Effect of nitrogen and sulphur levels on soil properties, nutrient content and uptake of radish under drip irrigation in western Rajasthan. *Pharma Innovation Journal*, *12*(6), 2981–2986

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 **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** 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.