

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الزراعية والتقانة والحيوية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 16

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية	أ. د. وليد حمادة
رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية	د.نعيمة عجيب

عضو هيئة التحرير	د. محمد فراس رمضان
عضو هيئة التحرير	د. مضر سعود
عضو هيئة التحرير	د. ممدوح عبارة
عضو هيئة التحرير	د. موفق تلاوي
عضو هيئة التحرير	د. طلال رزوق
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الجاعور
عضو هيئة التحرير	د. الياس خلف
عضو هيئة التحرير	د. روعة الفقس
عضو هيئة التحرير	د. محمد الجاسم
عضو هيئة التحرير	د. خليل الحسن
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. أحمد حاج موسى

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج. يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة
11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام ورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

— بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة — المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة — أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننًا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	د. صفاء قاسم	تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية
56-31	د. محسن عيود	نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول
82-57	د. عبد الحكيم القشعم	تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية وبعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور
95-83	د. محمد حسين احمد د. نجوى العفاص	تأثير التسميد الأرضي العضوي والمعدني في النمو الجذري والنمو الخضري لنبات السلق

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

د. صفاء قاسم*

ملخص

تم تنفيذ البحث في قرية الهدة - محافظة طرطوس في العام 2023، حيث تم جمع عينات تربة من بيوت محمية تسمد بكمبوست قمامة المدن (المنتج في معمل معالجة النفايات الصلبة في طرطوس)، لفترات زمنية مختلفة (من سنتين وحتى 4 سنوات) على عمق 0-30سم ومعاملة تسميد معدني وأخرى شاهد بدون تسميد. بهدف دراسة تأثير استمرار إضافة كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة والمحتوى من بعض العناصر الثقيلة (Cd,Cr,Pb). أظهرت النتائج أن استمرار إضافة كمبوست القمامة أثرت على مجمل الخواص الكيميائية للتربة بتناسب طردي مع مدة الإضافة، حيث أدت إضافة الكمبوست إلى انخفاض ظاهري في درجة تفاعل التربة، وارتفاع قيمة الناقلية الكهربائية للتربة، وازدياد نسبة المادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية للتربة ومحتواها من العناصر (N,P,K). كما أدت إلى ارتفاع المحتوى الكلي للتربة من المعادن الثقيلة (Cd,Cr,Pb)، لكنها بقيت دون الحدود المسموح بها في التربة بحسب المواصفات القياسية السورية.

كلمات مفتاحية: البيوت المحمية، كمبوست قمامة المدن، خواص كيميائية، معادن ثقيلة.

* قسم التربة واستصلاح الأراضي - كلية الهندسة الزراعية - جامعة حمص.

The Effect of Using City Garbage Compost on Some Chemical Properties in The Soil and It,s Content of Some Heavy Metals in Green Houses

***Dr. Saffa'a Kassem**

Abstract

This research was conducted in 2023c, at AL-Hada -Tartous Governorate, Samples of soils was taken from depth (0- 30)cm, from greenhouses was fertilized with city garbage compost(The compost of garbage was used in the solid waste treatment plant in Tartous) for different time periods(from 2 to 4 years).The objective of this research is study the effect of continuous addition of city garbage compost on some chemical properties in the soil and it,s content of heavy metals (Cd,Cr,Pb) .

The results showed that the continuous addition of city garbage compost affected the total chemical properties of the soil, in line with the time periods. The continuous addition of city garbage compost resulted in an apparent decrease in the pH of soil. The value of the electrical conductivity of soil, ratio of organic matter, cation exchange capacity , and soil content of fertilizer elements (N,P,K) increased with the continuous addition.

The addition of city garbage compost was a cause of high soil content of heavy metals (Cd,Cr,Pb) but it remained below the limits allowed in the soil according to Syrian standards.

Key words: Greenhouses, City garbage compost, chemical properties, Heavy metals.

* Department of Soil and Lands Reclamation - Faculty of Agriculture Engineering –Homs-University.

1- المقدمة:

ازدادت أهمية إنتاج الخضروات في المحميات الزراعية لتلبية الطلب العالمي المتزايد على الغذاء، حيث يُحسّن هذا النظام كفاءة استخدام الأراضي وجودة المنتجات مع الحفاظ على الموارد الحيوية كالمياه والمغذيات[19]. ففي ظل التحديات العالمية كتغير المناخ وزيادة الطلب على الغذاء، تلعب زراعة البيوت المحمية دورًا حاسمًا في تعزيز الأمن الغذائي بشكل مستدام[28,31]. من خلال زيادة إنتاجية وحدة مساحة، وتحسين جودة المنتجات، وتمكين الإنتاج خارج الموسم مع الحد من مخاطر الظروف المناخية المعاكسة والآفات والأمراض[17]. أظهرت الدراسات أن الزراعة طويلة الأمد في البيوت المحمية غالبًا ما تؤدي إلى زيادة حموضة وملوحة التربة، واختلال توازن العناصر الغذائية[33]. كما أن الإفراط في استخدام الأسمدة والري دون غسل كافٍ قد يُسبب تراكم الأملاح الذائبة والنترات، مما يؤثر سلبًا على بنية التربة من خلال تشتيت تجمعات التربة وتقليل نفاذيتها[25]. بالإضافة إلى ذلك، استنزاف المادة العضوية في التربة، مما يُقلل من استقرار التجمعات ويزيد من خطر الانضغاط[34]. وتشير الأبحاث التي أُجريت في الصين، حيث ينتشر إنتاج الخضراوات في البيوت المحمية، إلى أن الممارسات المستدامة، مثل المُحسنات العضوية، ودورة المحاصيل، والإدارة المُتكاملة للمغذيات، ضرورية للحفاظ على صحة التربة في أنظمة البيوت المحمية[20]. فبينما تعمل البيوت المحمية على تعزيز الإنتاجية، فإن الإدارة الدقيقة ضرورية لمنع تدهور التربة، الأمر الذي ولد آراء تنادي بالعودة إلى استخدام المواد الصديقة للبيئة في النظم الزراعية الحديثة لإنتاج نباتات خالية من المواد الكيميائية الزراعية مع المحافظة على البيئة وعلى صحة الإنسان[1]، يأتي في مقدمة هذه الآراء إدارة مخلفات قمامة المدن، المتوفرة بكميات كبيرة وأسعار منخفضة مقارنة مع المخلفات التقليدية، وأصبحت تشكل مشكلة بيئية كبيرة نتيجة رميها في العراء أو مدافن القمامة وبالتالي في الترب الزراعية والمجاري المائية[13].

يعد الكمبوست مادة عضوية ثابتة تنتج عن تخمير المخلفات العضوية تحت ظروف متحكم بها[30]. ينتج اعتباراً من أنواع مختلفة من المخلفات العضوية كبقايا الأنواع النباتية وبقايا

المطابخ وكنس الشوارع وما تطرحه أسواق الخضار ومعامل تصنيع الأغذية إلى جانب البقايا الحيوانية ومخلفات عصر الزيتون كالتفل وقمامة المدن [8,9].

إن إعادة تدوير القمامة واستعمال السماد العضوي الناتج عنها في الزراعة أصبح من الخيارات الشائعة في معظم الدول لما لها من فوائد اقتصادية عدا عن كونها طريقة آمنة للتخلص من النفايات الصلبة وحماية البيئة [16]. يعد كمبوست قمامة المدن مخصباً طبيعياً للتربة، وينتج عن التحلل البيولوجي للجزء العضوي من القمامة، ويتميز باحتوائه على مزيج من العناصر الغذائية [29].

وجد الباحثون أن استخدام كمبوست قمامة المدن أدى إلى تحسن ملحوظ في مواصفات التربة وخفض جيد في استهلاك مياه الري بنسبة 30% [6]، حيث يؤدي خلط التربة بالكمبوست إلى زيادة محتواها من الكربون العضوي [7,15]، وفي تجارب أخرى أدى استخدام كمبوست القمامة إلى ازدياد محتوى التربة من المادة العضوية بمقدار 7%، وسعة التبادل الكاتيوني 36%، وارتفع محتوى التربة من الأزوت الكلي والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم [5]. وأشارت الدراسات إلى توفر مستمر للفسفور القابل للإفادة في التربة بعد الاستخدام طويل المدى للمخلفات العضوية، بشكل عام، ومنها كمبوست القمامة المنزلية في التربة [24].

بيّنت الأبحاث أن استعمال كمبوست القمامة كسماد عضوي حقق زيادة في محتوى التربة من المادة العضوية بنحو 42%، إضافة إلى زيادة محتواها من البوتاسيوم الذائب والفسفور [2]. كما أن إضافة مستويات مرتفعة من كمبوست القمامة ذي المحتوى المنخفض من المعادن الثقيلة لم تؤد إلى تراكم المعادن الثقيلة في التربة بما يتجاوز الحد الآمن [4]، إلا أنه من الواجب عند استخدام القمامة لإنتاج السماد العضوي التأكد من الخواص الكيميائية للمخلفات لاسيما محتواها من المعادن الثقيلة ومراقبة تراكم هذه المواد في التربة عند الاستخدام طويل المدى [26].

لوحظ حصول زيادة كبيرة في محتوى التربة من المادة العضوية والأزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور عند معاملة التربة بمخلفات القمامة العضوية الصلبة، وتزداد هذه الفعالية عند خلط

الكمبوست بسماد اليوريا [18]. كما أدت إضافة كمبوست القمامة إلى تربة زرعت بنبات الذرة الصفراء والفاصولياء إلى زيادة معنوية في الإنتاج وحجم البذور، وكانت فترة النمو أقصر، وازداد محتوى التربة السطحية من مجمل العناصر المغذية [32].

أدت إضافة المخلفات العضوية ومنها كمبوست القمامة إلى انخفاض طفيف في درجة تفاعل التربة، كما ازدادت قيمة الناقلية الكهربائية للتربة، وارتفعت السعة التبادلية الكاتيونية، كذلك ازداد محتوى التربة من العناصر الغذائية (N,P,K)، كما ازداد محتوى التربة الكلي من المعادن الثقيلة، لكنها بقيت دون الحدود المسموح بها في التربة بحسب المعايير السورية [5,10].

2- أهداف البحث:

يطبق في البيوت المحمية زراعة محصول واحد مما يجهد الارض ويخفض من محتوى العناصر الغذائية مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية، فمن أجل تعويض النقص الحاصل في العناصر الغذائية يتم إضافة كميات كبيرة من الأسمدة المعدنية والعضوية مما يسبب تلوث التربة وتدهورها وتلوث المياه.

إن إعادة تدوير القمامة واستعمال السماد العضوي الناتج عنها في الزراعة ذات فائدة مزدوجة، فهي توفر بديلاً اقتصادياً للأسمدة التقليدية وفي ذات الوقت تؤمن حلاً بيئياً لمشكلة التلوث. من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة تأثير استمرار إضافة كمبوست قمامة المدن في ظروف الزراعة المحمية، في:

- بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من العناصر المغذية (N,P,K).
- محتوى التربة من بعض العناصر الثقيلة (Cd,Cr,Pb).

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- الموقع:

نفذت هذه الدراسة في قرية الهدة في مدينة طرطوس، تقع القرية في ريف الدريكيش بمحافظة طرطوس، جنوب سهل عكار وقرب الحدود اللبنانية، على خط طول 36.76 وخط عرض 34.53، على ارتفاع (360-645) م، تقع ضمن منطقة الاستقرار الأولى، تتميز بشتاء

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

ماطر معتدل الحرارة وصيف جاف ورطوبة جوية عالية في معظم أوقات السنة، ويبلغ المعدل السنوي للهطول 865 مم معظمها في أشهر كانون الأول والثاني وشباط. يبين الجدول رقم (1) و رقم (2): بعض الخصائص الأساسية للتربة قبل الزراعة

جدول (1) : بعض الخواص الفيزيائية للتربة قبل الزراعة:

القوام (Texture)	%			العمق (سم)
	Clay	Silt	Sand	
طيني	52	28	20	30-0

جدول (2): بعض الخواص الكيميائية والخصوبية للتربة قبل الزراعة

N %	K PPm	P ppm	كلس فعال %	CaCO ₃ %	OM %	CEC meq/100gr	EC dS/m	PH
0.119	201.4	19.83	آثار	0.3	2.02	70.8	1.18	7.56

يلاحظ من الجدولين (1و2) أن تربة منطقة الدراسة ذات قوام طيني، ودرجة تفاعلها قريبة من التعادل وذات سعة تبادلية كاتيونية عالية جداً نتيجة غناها بمعادن الطين، وغير كلسية كونها فقيرة جداً بالكربونات والكلس الفعال، إضافة إلى المحتوى العالي من البوتاسيوم المتبادل والجيد من الفوسفور القابل للإفادة والمحتوى المتوسط من الأزوت الكلي.

3-2- أخذ العينات وتجهيزها:

تم أخذ عدة عينات ترابية من البيوت المحمية المزروعة بنبات الفليفلة في منطقة الدراسة، حيث يستخدم كمبوست القمامة في تسميد هذه البيوت وذلك لفترات زمنية مختلفة، كما أخذت عينات ترابية من بيوت محمية أضيف لها سماد معدني فقط، بالإضافة لشاهد غير مضاف له أي سماد، كما هو موضح بالجدول (3)، يعبر عن الخواص الأساسية للتربة في تلك المنطقة وذلك على عمق (0-30) سم.

الجدول (3) المعاملات المستخدمة في الدراسة

المعاملة	رمز المعاملة	مدة استخدام الكمبوست
شاهد	S0	غير مضاف كمبوست ولا سماد معدني
سماد معدني	M	سماد معدني فقط
كمبوست 2	S2	تربة مضاف لها لسنتين متتاليتين
كمبوست 3	S3	تربة مضاف لها لـ 3 سنوات متتالية
كمبوست 4	S4	تربة مضاف لها لـ 4 سنوات متتالية

تم الحصول على كمبوست القمامة المستخدم في تسميد البيوت المحمية من معمل معالجة النفايات الصلبة في منطقة الهدة في طرطوس. أضيف سماد كمبوست القمامة بمعدل 2 م^3 للبيت المحمي الواحد الذي مساحته 200 م^2 .
يبين الجدولان (4 و 5) بعض الخواص الكيميائية لكمبوست القمامة المستخدم في التسميد ومحتواه من بعض المعادن الثقيلة.

الجدول (4)، المواصفات الكيميائية لكمبوست القمامة المستخدم:

K %	P %	N %	OC %	OM %	C/N	EC dS/m	pH
0.84	0.35	1.56	20.47	35.57	13/1	0.38	7.7

نلاحظ من الجدول أن كمبوست القمامة المستخدم حقق قيمة pH معتدلة (7.7). وتمتع الكمبوست بدرجة ملوحة منخفضة، أما نسبة C/N فقد كانت منخفضة وربما يعود هذا الانخفاض إلى فقد الكربون على شكل غاز CO_2 مع بقاء الأزوت مرتبطاً بالمادة العضوية وكانت النسبة أقل من 20:1، كما يلاحظ أن نسبة الأزوت عالية جداً الفوسفور والبوتاسيوم كانت جيدة، إضافة لذلك نلاحظ أن نسبة المادة العضوية كانت عالية حيث بلغت 35.57%.

الجدول (5)، محتوى المعادن الثقيلة في الكمبوست المستخدم مقارنة مع المواصفة القياسية السورية 2003-2014 [3]:

Pb (ppm)	Cr (ppm)	Cd (ppm)	
11.31	19.81	2.73	كمبوست القمامة المستخدم
150	150	5	م ق س 2003 - 2014

نلاحظ من الجدول (5) أن محتوى الكمبوست من المعادن الثقيلة المدروسة (Pb -Cd -Cr) كان منخفضاً ولم تتجاوز قيمه الحدود المسموح بها مقارنة بالمواصفة القياسية السورية لكمبوست قمامة المدن [3].

3-3- التحاليل المنفذة:

تم أخذ عينات التربة وأجريت عليها التحاليل التالية [11]:

- التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدرومتر [21].
- EC، pH باستخدام جهازي EC meter، pH meter.
- المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة ومعايرة الفائض بكبريتات الحديدوز [22].
- الآزوت الكلي بطريقة كداهل [23].
- الفوسفور القابل للإفادة باستخدام طريقة أولسن [27].
- K، باستخدام جهاز اللهب Flam photometer.
- السعة التبادلية الكاتيونية باستخدام أسيتات الأمونيوم [14].
- المعادن الثقيلة (Pb، Cr، Cd) بعد هضم العينات بالماء الملكي ثم التقدير باستخدام جهاز الامتصاص الذري.

3-4- الدراسة الإحصائية:

تم تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائياً باستخدام برنامج الـ GenStat ، و حساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى دلالة قدره 5% .

4- النتائج والمناقشة:

كان لاستمرار إضافة كمبوست قمامة المدن لفترات زمنية تأثير متباين على مجمل الخواص الكيميائية للتربة في البيوت المحمية المزروعة، كما تبين النتائج الآتية:

4-1- درجة الحموضة والناقلية الكهربائية:

يبين الجدول (6) تأثير المعاملات المدروسة في درجة التفاعل والناقلية الكهربائية للتربة.

الجدول (6)، تغير قيم pH و EC في معاملات التربة: *

المعاملة	pH	EC (dS/m)
S0 شاهد	7.56 ^a	1.17 ^e
M سماد معدني	7.49 ^{ab}	1.21 ^d
S2 كمبوست 2	7.54 ^a	1.31 ^c
S3 كمبوست 3	7.52 ^a	1.62 ^b
S4 كمبوست 4	7.51 ^a	1.83 ^a
LSD (0.05)	0.0064	0.0084

* تشير الأحرف المتشابهة في كل عمود إلى أن الفروق بين الأرقام غير معنوية.

تبين النتائج في الجدول (6) أن استمرار إضافة كمبوست القمامة أدت إلى انخفاض رقم pH التربة ظاهرياً مقارنة بالشاهد والتسميد المعدني، ويزداد الانخفاض مع استمرار الاستخدام في السنوات اللاحقة، وكان الانخفاض الأكبر بالسنة الرابعة، ويعود سبب هذا الانخفاض إلى كون المادة العضوية تزيد من القدرة التنظيمية للتربة خاصة في الترب الفقيرة بالكربونات، إضافة إلى السعة التبادلية العالية أساساً للتربة التي تزيد مقاومة التربة للتغيرات الحادة الطارئة في رقم الحموضة وهذا يتفق مع عدة دراسات سابقة [5,10].

ارتفعت الناقلية الكهربائية للتربة ارتفاعاً معنوياً نتيجة استمرار إضافة كمبوست القمامة الجدول (6)، وكانت إضافة كمبوست القمامة في السنة الرابعة ذات أثر أكبر مقارنة مع الشاهد والسماد المعدني، وتتوافق هذه النتيجة مع دراسات تشير إلى أن إضافة كمبوست القمامة ترفع الناقلية الكهربائية للتربة [7].

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

4-2- المادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية:

الجدول (7)، يبين تأثير المعاملات المستخدمة في نسبة المادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية في التربة

المعاملة	CEC (meq/100 gr)	OM %
S0 شاهد	70.8 ^e	1.92 ^c
M سماد معدني	72.3 ^d	1.91 ^c
S2 كمبوست 2	83.2 ^c	3.92 ^b
S3 كمبوست 3	88.5 ^b	4.82 ^{ab}
S4 كمبوست 4	91.9 ^a	5.64 ^a
LSD (0.05)	0.1031	1.021

* تشير الأحرف المتشابهة في كل عمود إلى أن الفروق بين الأرقام غير معنوية. ازداد محتوى التربة من المادة العضوية نتيجة الاستخدام المتتالي لكمبوست القمامة وكانت الزيادة متناسبة طردياً مع استمرار الاستخدام، وحققت السنة الرابعة من الاستخدام الزيادة الأعلى في نسبة المادة العضوية مقارنة بالشاهد، مع عدم وجود فروق معنوية مع السنة الثالثة كما هو واضح في الجدول (7)، وهذا يتفق مع الدراسات السابقة التي تؤكد أن هذه الزيادة في نسبة المادة العضوية مؤقتة تتراجع مع الزمن بسبب تمعدن المادة العضوية، وبالتالي لا بد من إمداد التربة بالكمبوست بشكل مستمر للحفاظ على نسبة ملائمة من المادة العضوية في التربة [4,7]. يبين الجدول (7) ارتفاع السعة التبادلية الكاتيونية للتربة بتناسب طردي مع زيادة نسبة المادة العضوية نتيجة إضافة الكمبوست للتربة ويزيادة معنوية مقارنة مع الشاهد، وقد تفوقت معاملة استخدام كمبوست القمامة في السنة الرابعة الحمأة على بقية المعاملات بفارق معنوي بسبب إضافتها العالية من المادة العضوية، وتتوافق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات [10]. حيث أدت زيادة نسبة المادة العضوية في التربة إلى ارتفاع واضح في السعة التبادلية الكاتيونية للتربة نتيجة الدور الكبير الذي يقدمه الدبال في التربة.

4-3- العناصر الغذائية NPK:

الجدول (8)، يبين تأثير المعاملات المستخدمة في العناصر الغذائية N P K:

المعاملة	K (ppm)	P (ppm)	N %
S0 شاهد	200.3 ^e	19.59 ^e	0.124 ^e
M سماد معدني	234.6 ^c	26.86 ^a	0.182 ^a
S2 كمبوست 2	221.9 ^d	20.74 ^d	0.129 ^d
S3 كمبوست 3	238.7 ^b	20.81 ^c	0.137 ^c
S4 كمبوست 4	271.1 ^a	21.74 ^b	0.156 ^b
LSD (0.05)	0.0842	0.01031	0.001684

* تشير الأحرف المتشابهة في كل عمود إلى أن الفروق بين الأرقام غير معنوية. أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (8) ارتفاعاً معنوياً في محتوى التربة من العناصر الغذائية (N,P,K) مقارنة بالشاهد، عند استخدام كمبوست القمامة في تسميد التربة، ويمكن تفسير هذه النتيجة بارتفاع محتوى كمبوست القمامة المضاف من هذه العناصر [7,10].

أدت إضافة كمبوست القمامة إلى ارتفاع محتوى التربة من الأزوت بشكل معنوي مقارنة بالشاهد الجدول(8)، حيث كان الارتفاع متناسباً طردياً مع مدة الإضافة، ولكن تفوقت معاملة التسميد المعدني على باقي المعاملات المدروسة، وقد يكون السبب هو طبيعة إضافة الأسمدة في البيوت المحمية.

يبين الجدول(8) ارتفاع تركيز الفوسفور المتاح في التربة بتناسب طردي مع استمرار استخدام كمبوست القمامة وزيادة معنوية مقارنة مع الشاهد، وقد تفوقت معاملة التسميد المعدني على بقية المعاملات بفارق معنوي بسبب محتواها العالي من الفوسفور مقارنة بالكمبوست المستخدم، وتتوافق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات [4,5].

بدورها ارتفعت نسبة البوتاسيوم المتاح في التربة ارتفاعاً معنوياً نتيجة الإضافات المستمرة من كمبوست القمامة وكانت إضافة كمبوست القمامة في السنة الرابعة ذات أثر أكبر مقارنة مع الشاهد والتسميد المعدني، وتتوافق هذه النتيجة مع دراسات تشير إلى أن إضافة الكمبوست ترفع محتوى التربة من البوتاسيوم [5,10].

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

4-4- المعادن الثقيلة:

الجدول (9)، يبين تأثير المعاملات المدروسة في محتوى المعادن الثقيلة في عينات التربة: *

Pb ppm	Cr ppm	Cd ppm	المعاملة
0.55 ^d	1.06 ^c	0.003 ^c	S0 شاهد
0.56 ^d	1.06 ^c	0.005 ^c	M سماد معدني
1.69 ^c	1.27 ^b	0.091 ^b	S2 كمبوست 2
1.78 ^b	1.37 ^a	0.094 ^b	S3 كمبوست 3
1.84 ^a	1.41 ^a	0.130 ^a	S4 كمبوست 4
0.03429	0.0928	0.00749	LSD (0.05)
100	100	1	م ق س 2002/2665

* تشير الأحرف المتشابهة في كل عمود إلى أن الفروق بين الأرقام غير معنوية. بينت النتائج أن إضافة الكمبوست سببت زيادة بسيطة في محتوى التربة من المعادن الثقيلة نتيجة لاحتواء هذه المخلفات على تراكيز أعلى من هذه المعادن مقارنة بالتربة، حيث تحتوي القمامة على الكثير من الملوثات كالبقايا الصناعية والبطاريات وغيرها من المخلفات التي تدخل المعادن الثقيلة في تركيبها والتي لم يتم التخلص منها نهائياً، ورغم هذا الارتفاع فقد بقيت تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة في التربة أقل من الحدود المسموح بها في التربة حسب المعايير القياسية السورية [12]، وهذا ما بينته الأبحاث التي درست تراكم المعادن الثقيلة في التربة نتيجة استخدام كمبوست القمامة، مما قد يساعد على إمكانية استمرار استخدامه بشكل طويل الأمد دون الخوف من حدوث تلوث للتربة [7,10].

يلاحظ من الجدول (9) أن تركيز الكاديوم الكلي ارتفع من 0.003 إلى 0.130 ppm في السنة الرابعة من استمرار إضافته، كما ارتفع تركيز الكاديوم الكلي مع زيادة مدة الإضافة وكانت الزيادة معنوية مقارنة مع الشاهد وهذا يتفق مع نتائج الأبحاث [4,5].

ارتفع تركيز الكروم الكلي في معاملات التربة التي أضيف إليها كمبوست القمامة ارتفاعاً معنوياً مقارنة مع الشاهد، رغم هذا الارتفاع فقد بقي محتوى التربة من الكروم الكلي منخفضاً جداً مقارنة مع الحدود المسموح بها حسب المعايير السورية وهو يوافق ما تمّ التوصل إليه في عدة أبحاث [10].

يظهر الجدول (9) ارتفاع تركيز الرصاص الكلي في معاملات التربة التي أضيف إليها كمبوست القمامة ارتفاعاً معنوياً مقارنة مع الشاهد، فقد ارتفع تركيز الرصاص الكلي من 0.55 ppm في الشاهد إلى 1.84 ppm في السنة الرابعة من الإضافة، ورغم هذا الارتفاع فقد بقي محتوى التربة من الرصاص الكلي منخفضاً جداً مقارنة مع الحدود المسموح بها حسب المعايير السورية وهذه النتائج متفقة مع دراسات عدة [7,10].

5- الاستنتاجات والمقترحات:

أدى استخدام كمبوست قمامة المدن إلى التأثير على مجمل الخواص الكيميائية المدروسة للتربة في البيوت المحمية، حيث تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- انخفضت درجة تفاعل التربة ظاهرياً ولكنها بقيت قريبة للتبادل، وكان الانخفاض متناسب مع مدة الإضافة.

2- ارتفعت قيمة الناقلية الكهربائية ونسبة المادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية في التربة ومحتوى التربة من العناصر الغذائية (N,P,K) ارتفاعاً معنوياً متناسب طردي مع مدة الإضافة نتيجة إمداد التربة بالمادة العضوية عند الإضافة المستمرة لكمبوست القمامة.

3- أدت إضافة كمبوست القمامة إلى ارتفاع محتوى التربة الكلي من المعادن الثقيلة، لكنها بقيت دون الحدود المسموح بها في التربة بحسب المواصفات القياسية السورية.

واستناداً إلى النتائج السابقة نقترح التالي:

1- إمكانية استخدام كمبوست القمامة كبديل اقتصادي للأسمدة التقليدية في تحسين الخصائص الكيميائية للتربة.

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

- 2- يجب إجراء الاختبارات الدورية لمواصفات كمبوست القمامة وخاصة المتعلقة بمحتواه من المعادن الثقيلة حتى لا ينتج عن استمرار استخدامه أي آثار سلبية.
- 3- إجراء المزيد من الأبحاث التي تتناول استخدام كمبوست القمامة في الزراعة المحمية، بظروف تربة ونباتات مختلفة.

6- المراجع:

6-1- المراجع العربية:

- 1) البلخي، أكرم. 2005. دراسة تفاعلات بعض المواد العضوية الطبيعية والمنتجة ومعقداتها وفعاليتها في تخصيب التربة وإنتاجية المحاصيل. أطروحة دكتوراه - كلية الزراعة، جامعة دمشق.
- 2) المغربي، نجيب. 2016. تأثير التسميد العضوي والمعدني على بعض خواص التربة ومحتوى نبات الذرة الرفيعة من بعض العناصر الغذائية. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي، 2016.
- 3) المواصفة القياسية السورية لكمبوست قمامة المدن، 2003-2014.
- 4) الناعمة، سهى. 2012. تأثير إضافة مستويات مختلفة من سماد كمبوست قمامة المدن في بعض الخصائص الكيميائية لترب من مناطق شرقي وغربي حمص. رسالة ماجستير في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سوريا.
- 5) النقري، توفيق. 2020. تأثير إضافة كمبوست قمامة المدن وتقل الزيتون وحمأة الصرف الصحي في الخواص الخصوبية للتربة وإنتاجية نبات الذرة الصفراء في الغوطة الشرقية (قرية كفرين). أطروحة دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سوريا.
- 6) بلدية، رياض وزحلان، رهام. 2015. دراسة تأثير بعض المحسنات العضوية ومستويات الري في إنتاجية التربة الطينية وبعض خواصها الفيزيائية. المجلة الأردنية للعلوم الزراعية، المجلد 11، العدد 1، ص (265 - 278).
- 7) حرفوش، شفق. 2023. دراسة تطبيقية عن تجربة المزارعين في استخدام كمبوست القمامة في طرطوس وترشيد استخدامه في إنتاج وتربية الباذنجان. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد 7، العدد 7.

- 8) حميد، محمود. 2005. إمكانية الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات عصر الزيتون، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 21، العدد 2، الصفحات: 113 - 124.
- 9) دالي، يائل. 2011. إنتاج السماد العضوي (الكمبوست) بتخمير بعض المخلفات الزراعية المختلفة. رسالة ماجستير في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
- 10) رمضان، علي. 2019. تأثير استخدام مستويات مختلفة من المخلفات العضوية (حمأة - كمبوست - سماد بلدي) في تحسين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الطينية في منطقة سهل عكار. أطروحة دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سوريا.
- 11) عودة، محمود وشمشم، سمير. 2007. خصوبة التربة وتغذية النبات، الجزء العملي. كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سوريا.
- 12) هيئة المواصفات والمقاييس السورية. 2002. إعادة الاستخدام الآمن للحمأة الناتجة عن محطات المعالجة، المواصفة القياسية 2665، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.

2-6- المراجع الأجنبية:

- 13) Alvarenga, P., Farto, M., Mourinha, C. and Palma, P. **2016**. Beneficial Use of Dewatered and Composted Sewage Sludge as Soil Amendments: Behaviour of Metals in Soils and Their Uptake by Plants. Waste and Biomass Valorization, October 2016, Volume 7, Issue 5, pp 1189 - 1201.
- 14) Chapman, H. D. **1965**. Cation exchange. In: Methods of soil analysis, (Ed. Black, C. A.), America soil of Agronomy Monograph, 9(2): 891- 901.
- 15) Delibacak, S., Okur, B. and Ongun, A. R. **2009**. Effects of treated sewage sludge levels on temporal variation of some soil properties of a typic xerofluent soil in menmen plain. Western Anatolia. Turkey.
- 16) Di Giacomo, A., Wu, D. W. L., Lenkic, P., Fraser, B., Zhao, J. and Kingstone, A. **2017**. Convenience improves composting and recycling rates in high-density residential buildings. Journal of Environmental Planning and Management, Published online: 12 Apr 2017. Pages 1 – 23.
- 17) FAO. **2017**. Protected Cultivation: Strategies for Sustainable Intensification of Horticulture in Asia. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 18) Geehan, S. L. Mc. **2012**. Impact of Waste Materials and Organic Amendments on Soil Properties and Vegetative Performance. Hindawi Publishing Corporation, Applied and Environmental Soil Science, Volume 2012, Article ID 907831, 11 pages. doi:10.1155/2012/907831.
- 19) Gruda, N. **2005**. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Critical Reviews in Plant Sciences, 24(3), 227–247. DOI: 10.1080/07352680591008628
- 20) Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., & Chen, F. **2016**. Sustainable greenhouse vegetable production through integrated management of soil, nutrients, and water: A review. Agricultural Sciences, 7(12), 1101–1110.

- 21) Gupta, P. K. **2000**. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438
- 22) Jackson, M. L. **1958**. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- 23) Kjeldahl, J. **1883**: Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoff s in organischen Körpern. Z. Anal. Chem. 22: 366 – 382.
- 24) Lemming, C., Oberson, A., Magid, J., Bruun, S., Scheutz, C., Frossard, E. and Jensen, L. S. **2019**. Residual phosphorus availability after long-term soil application of organic waste. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volumes 270 – 271, 1 February 2019, Pages 65 – 75.
- 25) Li, S., Li, T., Liang, W., & Zhang, X. **2020**. Greenhouse vegetable cultivation in China promotes soil salinization and acidification: Status, causes and management strategies. Soil and Tillage Research, 203, 104674.
- 26) Mashi, S. A., Yaro, A. and Yakubu, S. **2014**. Evaluation of chemical condition of municipal solid waste being used in soil fertility maintenance in Zaria, Nigeria. European Scientific Journal, February 2014 edition vol. 10, No. 5 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857 - 7431.
- 27) Olsen, R. S., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. **1954**. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No. 939.
- 28) Savvas, D., & Gruda, N. **2018**. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry – a review. European Journal of Horticultural Science, 83(5), 280–293.
- 29) Schoenherr, J. I. **2008**. Landfill research – A subject research at Zittau peat natural products research institute. Oral presentation, scientific meeting on soil development, University of Paraha.

- 30) Tiquia, S. M., Wan, J. H. C. and Tam, N. F. Y. **2002**. Microbial population dynamics and enzyme activities during composting. *Compost sci. util.* 10, 150 – 161.
- 31) Tzortzakis, N., & Economakis, C. **2021**. Protected cultivation of vegetables under changing climate conditions: A review. *European Journal of Horticultural Science*, 86(2), 97–109. DOI: 10.17660/eJHS.2021/86.2.5
- 32) Van Haute, J. **2014**. Evaluation of the effects of compost on soil properties performance and yield of Maize and beans in Kenya. Master thesis in Life Sciences: Agricultural and Horticulture (Tropical Plant Production), Faculty of Bioscience Engineering, University of Ghent, Netherlands.
- 33) Zhang, S., Li, Q., Zhang, X., Wei, K., & Chen, L. **2017**. Effects of long-term intensive greenhouse vegetable cultivation on soil physical properties and their relationships with soil organic carbon. *Soil and Tillage Research*, 166, 18–25.
- 34) Zhao, X., Zhang, M., Zhang, H., & Li, Y. **2019**. Effects of greenhouse vegetable production on soil physical and chemical properties in Eastern China. *Pedosphere*, 29(4), 570–579.

تأثير استخدام كمبوست قمامة المدن في بعض الخواص الكيميائية للتربة ومحتواها من بعض العناصر الثقيلة في ظروف البيوت المحمية

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول

د. محسن عبود*

* مدرس، قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص.

المخلص

تُشكل المبيدات الفطرية من مثبطات التنفس وتخليق الإرغوستيرول مجموعة مهمة من مبيدات الفطريات على نطاق عالمي. بسبب التطبيق المكثف لهذه المواد في الزراعة القدرة على إحداث تأثيرات ضارة على الكائنات الحية غير المستهدفة وخاصة الإنسان. خلال هذه الدراسة، تم بناء نماذج علاقة كمية بين البنية والسمية (QSTR) للتنبؤ بالسمية الحادة لـ 30 مركباً تنتمي لمجموعتي مثبطات التنفس و التخليق الحيوي للإرغوستيرول. تم استخدام الخوارزمية الجينية (GA) مع الإنحدار الخطي المتعدد (MLR)، وخوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVM) لبناء هذه النماذج. أظهر النموذج المنشأ باستخدام خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVM) قدرة تنبؤية جيدة ($R^2 = 0.75$)، متفوقاً على نموذج الانحدار الخطي المتعدد (MLR) الذي كانت قيمة معامل التحديد لديه R^2 مساوية 0.69. تم إجراء التحقق المتبادل (Cross-validation)، واختبار العشوائية (Y-randomization test)، والتحقق الخارجي (External validation) لتقييم دقة وموثوقية النماذج الناتجة. أظهر نموذج SVM أداءً فائقاً مقارنةً بنموذج MLR، محققاً قيم R^2_{cv} و R^2_{test} بلغت 0.63 و 0.72 على التوالي، مقارنةً بـ 0.53 و 0.64 لنموذج MLR. تعتبر هذه النماذج أداة هامة لتقييم السمية الحادة لهذا النوع من المركبات، مع وجود حاجة

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول

فعلية لتطوير هذه النماذج مستقبلاً باستخدام خوارزميات جديدة ومجموعة بيانات أكثر شموليةً و
اتساعاً.

الكلمات المفتاحية: تعلم الآلة، الإنحدار الخطي المتعدد، خوارزمية آلة المتجهات الداعمة،
السمية الحادة.

Quantitative Structure-Toxicity Relationship (QSTR) Modeling Using Machine Learning for Acute Toxicity of Respiration and Ergosterol Biosynthesis Inhibitor Fungicides

Mohsen Abbod *

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Homs University,
Homs, Syria.

Abstract

The global reliance on respiratory and ergosterol biosynthesis inhibitor fungicides in agriculture necessitates a thorough understanding of their potential acute toxicity to non-target organisms, including humans. This research focused on building Quantitative Structure-Toxicity Relationship (QSTR) models to predict the acute toxicity of 30 compounds within these critical fungicide groups. We utilized a combined approach of Genetic Algorithm (GA) with both Multiple Linear Regression (MLR) and Support Vector Machine (SVM) techniques for model development. Our findings indicated that the SVM-based model offered superior predictive performance, achieving an $R^2 = 0.75$, compared to the MLR models' $R^2 =$

0.69. To ensure robustness, the models underwent extensive validation, including cross-validation, Y-randomization, and external validation. The SVM model consistently demonstrated stronger predictive accuracy and reliability, evidenced by its R^2_{CV} and R^2_{test} values of 0.63 and 0.72, respectively, which surpassed the MLR model's corresponding values of 0.53 and 0.64. These QSTR models represent a significant stride in evaluating the acute toxicity of these compounds, underscoring the importance of their further refinement with novel algorithms and more comprehensive datasets.

Keywords: Machine Learning, Multiple Linear Regression, Support Vector Machine, Acute Toxicity.

1- مقدمة ودراسة مرجعية

يمثل الإستخدام المكثف للمبيدات الكيميائية التقليدية تحدياً بيئياً وصحياً بالغ الخطورة، حيث تساهم مبيدات الآفات الاصطناعية ومخلفاتها في الإضرار بالتوازن البيئي وتشكيل تهديد مباشر لصحة الإنسان [1]، وقد أدى الاستخدام المفرط والمستمر للمبيدات الكيميائية الفطرية إلى تفاقم هذه المشكلة، مما ساعد على ظهور سلالات ممرضة جديدة متزايدة المقاومة وصعبة المكافحة. وانطلاقاً من هذه التحديات، اتجهت الجهود البحثية نحو تطوير استراتيجيات بديلة وأكثر أماناً لمكافحة الآفات، مع الحفاظ على الفعالية في حماية المحاصيل [2].

يحظى تطوير مبيدات فطرية جديدة بأولوية بحثية عالية في برامج الشركات الزراعية، لا سيما مع تزايد القيود المفروضة على استخدام المبيدات عالية الخطورة نظراً لتأثيراتها السمية الحادة والمزمنة والمخاطر المصاحبة لها على الإنسان والبيئة [1، 2]. لذا فإن البحث عن بدائل فعالة وآمنة أصبح ضرورة ملحة. أظهرت دراسة وجود مستويات عالية من السمية الخلوية في

الخلايا العصبية القشرية لأجنة الفئران المعرضة لمبيد الأزوكسي ستروبين (Azoxystrobin) المثبط لعملية التنفس في الخلايا الفطرية، ما يعكس احتمالية تعرض النساء الحوامل والأطفال لمستويات سمية بسبب التعرض المتكرر للمبيد حسب الدراسة [3]. كما أظهرت دراسة أخرى إلى حدوث تلف في الأمعاء الوسطى لنحل العسل (*A. mellifera*) المعرض لمبيد الأزوكسي ستروبين مما يستدعي دراسة تأثيره على الأعضاء الأخرى للنحل ومدى تأثيراته السمية على الكائنات غير المستهدفة [4]. على الرغم من الانتشار الواسع لاستخدامها، كشفت العديد من الدراسات عن الأخطار الصحية للتعرض لمبيدات الفطريات المثبطة لتخليق الإرغوستيرول الفطري، حيث يتسبب التعرض لمركبات التريازول Triazoles تأثيرات سامة على الجهاز التناسلي، و حدوث تلفات في الكبد [5، 6]. أظهر مبيد بروبيكونازول (Propiconazole) سمية على أجنة *Daphnia magna* [7] بالإضافة إلى تسببه في ظهور أعراض السمية الـ كـ دـ يـ ة [8].

برزت حاجة ملحة لتطوير منهجيات علمية متقدمة تمكن من التنبؤ بسمية هذه المركبات قبل تطبيقها الميداني وخاصة فيما يتعلق بتقييم سميتها على الكائنات غير المستهدفة، وتأتي منهجية العلاقة الكمية بين البنية والسمية (Quantitative Structure-Toxicity Relationship, QSTR) في طليعة هذه المنهجيات، حيث تقدم أدوات تحليلية دقيقة للربط بين الخصائص الجزيئية والفيزيوكيميائية للمركبات المدروسة وسميتها [9]. وتساعد في بناء نماذج رياضية متقدمة تمكن من التنبؤ بسمية هذه المركبات عبر دراسة الخواص الهيكلية و الكيميائية للمركبات و التي تسمى بالمؤشرات الجزيئية أو Molecular descriptors [10].

في هذه الدراسة، تم استخدام طريقة الإنحدار الخطي المتعدد مدعومة بخوارزميات تعلم الآلة (Machine learning) لبناء نماذج QSTR موثوقة لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول. و قد تم التحقق من قوة هذه النماذج عبر

المعايير المتبعة في هذا النوع من الدراسات لتشكل لجنة للتحقق من سمية المركبات المنتمة لهذه المجموعات مستقبلاً.

2- مبررات البحث و أهدافه

نظراً لأن الإستخدام المفرط لمبيدات الفطريات، خاصةً مثبطات التنفس وتخليق السيتيرول (الإرغوستيرول)، يرتبط بسمية حادة للكائنات غير المستهدفة ويثير مخاوف بيئية، فإن هناك حاجة ملحة لتطوير منهجيات علمية متقدمة للتنبؤ بسمية هذه المركبات قبل تطبيقها الحقلية. يتطلب ذلك إرساء أطر علمية قوية ومتكاملة، تشمل نماذج تنبؤية تعتمد على البيانات الكيميائية والبيولوجية، وتقنيات السموميات الحاسوبية لفهم آليات السمية.

تهدف هذه الدراسة بشكل أساسي إلى تطوير نماذج رياضية، مدعومة بخوارزميات تعلم الآلة، للتنبؤ بالسمية الحادة لعدد من مبيدات الفطريات. ستركز الدراسة على المبيدات المنتمة لمجموعتي مثبطات التنفس ومثبطات التخليق الحيوي للإرغوستيرول، وذلك باستخدام منهجية العلاقة الكمية بين البنية و السمية (QSTR).

3- مواد وطرق العمل

3-1-البيانات المستخدمة في الدراسة و تهيئة هياكل المركبات ثلاثية الأبعاد

تتألف مجموعة البيانات المستخدمة في هذه الدراسة من 30 جزيئاً من مبيدات الفطريات، والتي تعمل كمثبطات للتنفس وتخليق الإرغوستيرول [11]. تم جمع قيم الجرعة المميطة النصفية عن طريق الفم (LD_{50}) لهذه المركبات، والتي تُقاس بـ (ملغ/كغ) وتُحدد ضد الفئران. تُعتبر هذه القيم معياراً عالمياً معتمداً لقياس السمية الحادة للمركبات الكيميائية. وقد تم الحصول على هذه

البيانات من مصادر موثوقة تشمل: منظمة الصحة العالمية [12]، وقاعدة بيانات PubChem [13] ، والمكتبة الوطنية للأدوية في الولايات المتحدة الأمريكية [14].

تم بناء كل مركب ورسم هيكله، ثم تحسينه باستخدام حقول القوة (+MM) المتاحة في برنامج HyperChem. بعد هذه الخطوة الأولية، تم إجراء تحسين للهندسة الجزيئية ثلاثية الأبعاد للمركب باستخدام طريقة AM1 الكيمائية-الكمومية، مع استهداف جذر متوسط مربع التدرج بقيمة 0.01 كيلو كالوري لكل مول [15].

3-2- حساب المؤشرات الجزيئية (Molecular descriptors) للمركبات المدروسة

لأغراض النمذجة، استُخدمت مجموعة واسعة من المؤشرات الجزيئية النظرية، شملت المؤشرات البنائية (0D) ، وأحادية الأبعاد (1D) ، وثنائية الأبعاد (2D) ، وثلاثية الأبعاد (3D) ، بهدف التقاط وتوضيح جوانب مختلفة من التركيب الكيميائي والخواص الفيزيوكيميائية لكل مركب من المركبات المدروسة. جرى حساب المؤشرات المختارة في كل نموذج من إجمالي 1497 مؤشراً باستخدام برنامج E-Dragon 3.0 [16] (يوفر هذا البرنامج إمكانية حساب 1497 مؤشراً لكل مركب كيميائي)، تم استبعاد الوصفات التي يقل انحرافها المعياري عن 0.001، وكذلك تلك التي تحتوي على قيمة مفقودة واحدة على الأقل. كما أُزيلت الوصفات غير المتغيرة والمترابطة (معامل الارتباط $R > 0.9$) وفي النهاية، استُخدمت المؤشرات الباقية كمدخلات لنمذجة QSTR. تم توفير قائمة بهذه المؤشرات ومعانيها، وإجراءات حسابها، بالإضافة إلى المراجع ذات الصلة، من خلال برنامج E-Dragon 3.0 [16].

3-3- بناء النماذج التنبؤية

3-3-1- الخوارزمية الجينية (Genetic algorithm-GA)

تُعد الخوارزمية الجينية (GA) تقنية بحث مستوحاة من نظرية داروين للتطور والانتخاب الطبيعي. نظرًا لكفاءتها وبساطتها، فقد استُخدمت الخوارزمية الجينية على نطاق واسع كاستراتيجية واحدة لاختيار المتغيرات الأكثر تأثيراً على المخرجات المدروسة، كقيمة السمية في الدراسات المشابهة لدراستنا [17]. في هذا البحث، استُخدمت الخوارزمية الجينية (GA) لتحديد المؤشرات الجزيئية الرئيسية التي تؤثر في السمية الحادة للمركبات المدروسة. بحيث تم اختيار أربعة مؤشرات من بين المؤشرات المحسوبة سابقاً لبناء المعادلة الرياضية النهائية. تم اختيار أربعة مؤشرات فقط لتجنب مشكلة Overfitting في النموذج الناتج بما يتوافق مع عدد المركبات المدروسة، وقد تم تنفيذ الخوارزمية الجينية باستخدام برنامج MATLAB إصدار 2019 [18].

3-3-2- تقسيم البيانات وبناء نموذج الانحدار الخطي المتعدد (Multiple linear regression-MLR)

بعد تحديد أهم الواصفات الجزيئية باستخدام الخوارزمية الجينية (GA)، تم تقسيم مجموعة البيانات إلى مجموعة تدريب (Train set) ومجموعة اختبار (Test set)، حيث تم بناء النماذج باستخدام 25 مركب من المركبات، في حين استخدمت المركبات الخمسة الباقية، والتي اختيرت بطريقة عشوائية لاختبار قدرة النماذج التنبؤية على المركبات الخارجية التي لم تدخل في بناء النموذج الأصلي.

تستخدم تقنية الانحدار الخطي المتعدد لنمذجة العلاقات الخطية بين المتغيرات التابعة والمستقلة [19]. في دراستنا، تمثل قيم الفعالية السمية الحادة (LD₅₀) المتغير التابع و تشير قيم

المؤشرات الجزيئية إلى المتغيرات المستقلة. يمكن تمثيل معادلة الانحدار كما يلي (المعادلة رقم 1):

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i \quad (1)$$

حيث Y هو المتغير التابع (LD_{50})، و X_i هي المتغيرات المستقلة (المؤشرات الجزيئية)، n هو عدد المركبات، a_0 هو ثابت المعادلة، و a_i تمثل coefficient المتغيرات المستقلة. تم تحويل قيم التركيزات الفعالة (LD_{50}) للمركبات إلى القيم اللوغاريتمية أو $pLD_{50} = -\log LD_{50}$ ، وتم استخدامها كمتغيرات تابعة، بينما تم استخدام المؤشرات الجزيئية المحدد بواسطة GA كمتغيرات مستقلة في حساب معادلة الانحدار.

3-3-3- التنبؤ باستخدام خوارزميات تعليم الآلة (Machine learning-QSTR models)

تشكل خوارزميات التعلم الآلي - وعلى رأسها آلة المتجهات الداعمة (Support vector machine-SVM) بديلاً فعالاً لدراسة العلاقات غير الخطية المعقدة في نمذجة QSTR، خاصة عندما تعجز أساليب الانحدار الخطي الكلاسيكية عن تمثيل العلاقة بين النشاط البيولوجي والخصائص الجزيئية [20، 21]. تمتاز خوارزمية SVM بقدرتها على التعامل مع البيانات غير الخطية وقوة تعميمها، مما جعلها أداة قيمة في هذا المجال. في هذه الدراسة، جرى تطوير نموذج ML-QSTR باستخدام SVM بالاعتماد على نفس المؤشرات الجزيئية الأربعة المستخدمة في نموذج الانحدار الخطي المتعدد (MLR)، مع تحسين معايير النموذج (Kernel function و Box constraint و Epsilon) باستخدام التحسين البايزي (Bayesian Optimization). وتقييم أداء النموذج الناتج عبر معامل التحديد (R^2) ومتوسط مربع الخطأ (MSE) ضمن بيئة برنامج MATLAB [18].

3-4-4- التحقق من صحة النماذج (Validation)

3-4-4-1- التحقق الداخلي (Internal validation) بطريقة Cross Validation

تهدف عملية التحقق إلى تقييم مدى موثوقية النماذج الإحصائية. لتحقيق ذلك، استُخدمت طريقة التحقق المتقاطع بترك مجموعة عناصر (LMO-CV)، وهي أسلوب إحصائي شائع للتحقق الداخلي. تتضمن هذه الطريقة استبعاد جزء من مجموعة البيانات بشكل متكرر لاستخدامه كمجموعة تحقق منفصلة، بهدف تقييم القدرة التنبؤية لنماذج QSTR الناتجة.

من بين تقنيات التحقق المتقاطع (Cross-validation) الشائعة في دراسات QSTR، يُعد التحقق بترك عنصر واحد (Leave-One-Out Cross-Validation, LOO-CV) والتحقق بترك مجموعة عناصر (Leave-Many-Out Cross-Validation, LMO-CV) الأكثر استخداماً. في طريقة LOO-CV، يُخصص مركب واحد ليكون مجموعة التحقق في كل خطوة تكرارية، بينما تُستخدم المركبات المتبقية كمجموعة تدريب. تتكرر هذه العملية لكل مركب، لينتج عنها n تكراراً، حيث يمثل n العدد الإجمالي للمركبات، وهي الطريقة المستخدمة في الدراسة. يعتبر النموذج قوياً داخلياً في تنبؤاته إذا حقق معامل ارتباط (R^2_{cv}) أكبر من 0.5 [22].

3-4-4-2- اختبار Y-Randomization

يُعد اختبار Y-randomization أسلوباً مهماً يُستخدم لتقييم مدى تأثر النماذج الإحصائية بالصدفة في ملاءمة البيانات. الهدف الرئيسي من هذا الاختبار هو التحقق من وجود ترابطات عشوائية بين المؤشرات الجزيئية والفعالية البيولوجية (السمية) ضمن النموذج الأصلي الذي تم بناؤه باستخدام طريقة الانحدار الخطي المتعدد MLR. تتم عملية اختبار Y-randomization عن طريق خلط المتغير التابع عشوائياً، بينما تظل المتغيرات المستقلة (المؤشرات الجزيئية) في

مواقعها الأصلية دون تغيير. بعد ذلك، تُبنى نماذج QSTR جديدة باستخدام هذه البيانات المختلطة.

يُعتبر نموذج QSAR صالحًا ويعكس علاقة حقيقية، وليس مجرد نتيجة للصدفة للبحث، عندما تكون قيم متوسط معامل التحديد العشوائي (R^2) ومعامل التحديد المتقاطع (R^2_{cv}) للنماذج المولدة عشوائياً أقل من قيمة معامل التحديد (R^2) للنموذج الأصلي [23].

3-4-3- التحقق الخارجي من قوة النماذج (External validation)

تم تقييم أداء النماذج المطورة أيضاً على مجموعة اختبار خارجية (External test set) مكونة من خمسة مركبات تم اختيارها عشوائياً كما ذكر سابقاً. تتكون مجموعة الاختبار هذه من 5 مركبات، تمثل ما يزيد عن 15% من عدد المركبات الكلي بحيث لم يتم استخدامها في تطوير وتدريب النماذج. تم تقييم قدرة النموذج على التنبؤ بالسمية لمجموعة الاختبار الخارجية باستخدام معيارين: R^2_{test} و MSE_{test} . إذا كانت قيمة R^2_{test} أكبر من 0.5، يُعتبر النموذج مقبولاً من حيث أدائه التنبؤي [22].

4- النتائج و المناقشة

4-1- تهيئة البيانات الخاصة بالمركبات و اللازمة لعملية النمذجة

تم جمع بيانات السمية الحادة لثلاثين مركب من المبيدات الفطرية و المنتمية لمجموعتي مثبطات التنفس (16 مركب)، وأربع عشر مركب من مثبطات التخليق الحيوي للستيرول الفطري وذلك من قواعد البيانات الموضحة في مواد و طرق العمل. اختيرت قيمة الجرعة القاتلة النصفية

للجرذ الأبيض (LD₅₀) كنقطة السمية المرجعية للمركبات، وتم تحويل قيم السمية إلى القيم اللوغاريتمية السالبة (pLD₅₀) لزيادة كفاءة النموذج الرياضي الناتج.

تم حساب 1497 من المؤشرات الجزيئية النظرية لكل مركب باستخدام برنامج E-Dragon 3.0 و تم تقليل عدد المؤشرات إلى 1232 حسب المعايير التي تم إيضاحها في مواد وطرق العمل. بعد ذلك استخدمت الخوارزمية الجينية (GA) لتحديد المؤشرات الأربعة الأكثر تأثيراً على سمية المركبات و التي نتج عنها اختيار المؤشرات الأربعة الموضحة في الجدول 1، والذي يوضح اسم المؤشر و المعنى الكيميائي الخاص [16، 24]. و يوضح الجدول 2 قيمة هذه المؤشرات المحسوبة للمركبات الثلاثين موضع الدراسة.

جدول 1. المؤشرات الجزيئية المستخدمة في بناء النماذج ومعانيها الكيميائية

المؤشر الجزيئي	المعنى الكيميائي للمؤشر [16، 24]	المجموعة التي ينتمي لها المؤشر
BEHm7	أعلى قيمة ذاتية رقم 7 لمصفوفة Burden / مرجحة بالكتل الذرية	Burden Eigenvalue
Mor25m	3DMoRSE - إشارة 25 / مرجحة بالكتلة الذرية	3DMoRSE
G3e	مؤشر WHIM الاتجاهي التناظري للمكون الثالث / مرجح بالكهربية الذرية لسانديرسون	WHIM
G3s	مؤشر WHIM الاتجاهي لتمائل المكون الثالث / المرجح بالحالات الكهروطوبولوجية الذرية	WHIM

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول

جدول 2. قيم المؤشرات الجزيئية و قيم التركيز القاتل النصفى للمركبات المدروسة

قيمة المؤشرات الجزيئية				pLD ₅₀	LD ₅₀ ملغ/كغ	المجموعة الكيميائية [11]	اسم المبيد
G3s	G3e	Mor25m	BEHm7				
مجموعة التدریب							
0.191	0.169	0.689	2.331	- 2.4886	308	G1	Azaconazole
0.207	0.193	0.823	2.658	- 3.6998	5010	C2	Boscalid
0.2	0.171	0.349	2.539	- 3.4130	2588	C2	Carboxin
0.177	0.16	1.058	2.983	- 3.6994	5005	C2	Cyclobutrifluram
0.183	0.16	0.703	2.691	- 2.6513	448	C1	Diflumetorim
0.185	0.16	0.481	2.458	- 2.6758	474	G1	Diniconazole
0.181	0.177	0.759	2.624	- 3.4997	3160	G1	Epoxiconazole
0.185	0.162	0.767	2.68	- 3.1281	1343	G1	Etaconazole
0.183	0.159	0.466	2.624	- 3.3071	2028	C3	Fenamidone
0.204	0.198	0.36	1.983	- 4.1106	12900	C2	Fenfuram
0.183	0.161	0.594	2.631	- 2.8287	674	G1	Flusilazole
0.188	0.161	0.397	2.554	- 3.3402	2189	G1	Hexaconazole
0.191	0.165	0.642	2.451	- 2.3560	227	G1	Imazalil
0.192	0.154	0.56	2.604	- 2.2553	180	C2	Inpyrfluxam
0.181	0.153	0.419	2.712	- 2.9484	888	G1	Iponazole

0.174	0.152	0.401	2.995	- 3.3010	2000	C2	Isoflucypram
0.183	0.164	0.601	2.612	- 3.0969	1250	G1	Nuarimol
0.193	0.168	0.586	2.576	- 3.2127	1632	C2	Oxycarboxin
0.181	0.153	0.243	2.639	- 3.3010	2000	C2	Penflufen
0.181	0.159	0.828	2.952	- 3.0099	1023	G1	Prochloraz
0.175	0.156	0.538	3.027	- 3.7003	5015	C2	Pydiflumetofen
0.197	0.174	0.006	2.348	- 3.6990	5000	C7	Silthiofam
0.181	0.164	0.758	2.67	- 3.0133	1031	G1	Tetraconazole
0.175	0.167	1.015	3.134	- 3.8129	6500	C2	Thifluzamide
0.174	0.151	0.525	2.976	- 2.5866	386	C1	Tolfenpyrad
مجموعة الاختبار							
0.174	0.166	1.214	2.983	- 3.1623	1453	G1	Difenoconazole
0.171	0.165	0.971	3.069	- 3.6128	4100	C5	Fluazinam
0.171	0.151	0.832	2.985	- 3.0000	1000	C3	Pyraoxystrobin
0.185	0.156	0.315	2.598	- 3.2304	1700	G1	Tebuconazole
0.188	0.167	0.733	2.408	- 2.8579	721	G1	Triadimenol

حيث **C** هي مجموعة المبيدات الفطرية المثبطة للتنفس و **G** تشير للمبيدات الفطرية من مثبطات التخليق الحيوي للإرغوستيرول ، بينما يشير الرقم المرافق للرمز إلى المجموعة الفرعية ضمن المجموعة الرئيسية حسب المنظمة الدولية لمقاومة المبيدات الفطرية [11].

4-2- نموذج الانحدار الخطي المتعدد MLR:

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول

بعد تهيئة البيانات بالشكل المناسب لعملية بناء النموذج الرياضي تم تقسيم العدد الكلي للمركبات لمجموعتين، الأولى مكونة من 25 مركب استخدمت لبناء النماذج الرياضية و تسمى مجموعة التدريب (Train set)، والثانية مكونة من خمسة مركبا اختيرت بشكل عشوائي لتشكّل مجموعة الاختبار (Test set).

استخدمت المركبات الخمس وعشرين (مجموعة التدريب) لإنشاء نموذج انحدار خطي متعدد MLR، يربط بين المؤشرات الأربعة المختارة لمركبات مع قيمة الجرعة القاتلة النصفية المحددة للسمية الحادة لهذه المركبات ممثلة بالقيم اللوغاريتمية (pLD_{50})، كما في المعادلة التالية:

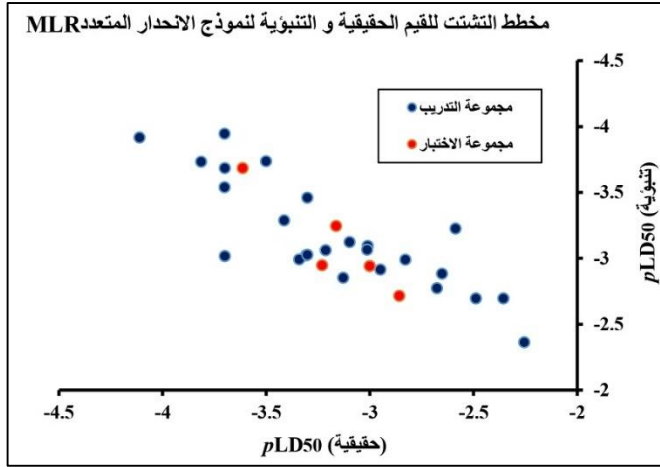
$$pLD_{50} = 4.43 - 1.414(BEHm7) + 1.221(Mor25m) - 56.74(G3e) + 25.8(G3s) \quad (2)$$

حيث:

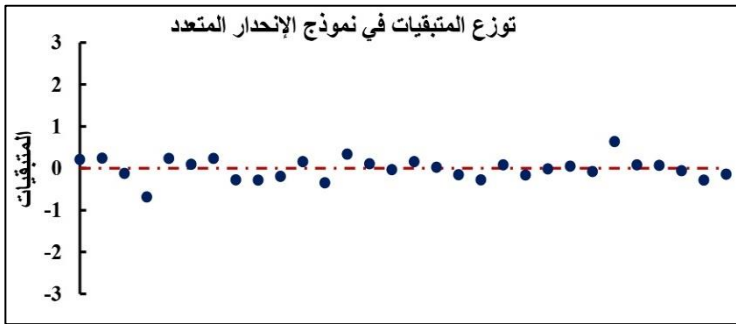
$$n = 25, R^2_{(train)} = 0.69, R^2_{(adj.)} = 0.63, MSE_{(train)} = 0.07, R^2_{(test)} = 0.64, R^2_{cv} = 0.53, MSE_{(test)} = 0.023, P < 0.001$$

تبين المعادلة الناتجة (المعادلة 2) علاقة خطية جيدة بين الواصفات الأربعة المختارة بواسطة الخوارزمية الجينية وسمية المركبات (pLD_{50}). تُظهر المعلمات الإحصائية $R^2_{(train)} = 0.69$ ، وقيمة p أقل من 0.001 أن نموذج الارتباط الخطي المتعدد (MLR) جيد إحصائياً، و ذو قدرة تنبؤية مقبولة لسمية المركبات المدروسة. يشير معامل ارتباط (Cross validation) $R^2_{cv} = 0.53$ (< 0.5) إلى أن النموذج دقيق في توقع السمية الحادة للبيانات المستبعدة من مجموعة التدريب خلال عملية Cross validation، ما يؤكد موثوقية النموذج الناتج في التنبؤ بسمية هذا النوع من المركبات.

يُظهر الشكل 1 توزيع القيم التجريبية و المتوقعة لـ pEC_{50} عبر نموذج MLR، ويمكن الكشف عن ارتباط جيد بين القيم التجريبية و القيم المتوقعة. كما نلاحظ التوزيع الطبيعي للمتبقيات (Residuals) على طرفي الحد (0) وعدم وجود أي نمط معين لهذا التوزيع ما يجعل النتائج المتحصل عليها مقبولة إحصائياً (شكل 2).



شكل 1. مخطط التشتت للقسم الحقيقية و التنبؤية لنموذج الانحدار المتعدد



شكل 2. التوزيع الطبيعي للمتبقيات (Residuals) لنموذج الانحدار المتعدد

4-3- اختبار العشوائية أو Y-Randomization الخاص بنموذج الانحدار المتعدد MLR

لضمان متانة نموذج الانحدار المتعدد، تم إجراء اختبار يسمى "Y-randomization" أو "اختبار العشوائية". تم فيه إعادة توزيع قيم المتغير التابع pLD_{50} عشوائياً على المتغيرات المستقلة الأربعة الثابتة التي لم تتغير. كُريت هذه العملية 100 مرة، لينتج عنها 100 نموذج عشوائي جديد.

أظهرت النتائج أن متوسط قيم معاملات التحديد (R^2) والتحديد المتقاطع (R^2_{cv}) لهذه النماذج العشوائية المئة كان أقل بشكل واضح من القيم الأصلية التي سجلها النموذج الحقيقي. كما أن قيمة معامل (cRp^2) المحسوب للاختبار كانت أكبر من 0.5، وهو ما يؤكد قوة وصدق النموذج الأصلي ويدل على أن نتائجه ليست وليدة الصدفة. وتوضح هذه النتائج بشكل جماعي في الجدول (3).

جدول 3. نتائج اختبار Y-Randomization الخاص بنموذج الانحدار المتعدد

متوسط القيمة لمئة تكرار	معيار اختبار Y-Randomization
0.32	R
0.117	R^2
-0.28	R^2_{cv}
0.68	cRp^2

4-4- نماذج التنبؤ الناتجة باستخدام خوارزميات تعليم الآلة (Machine learning- QSTR models)

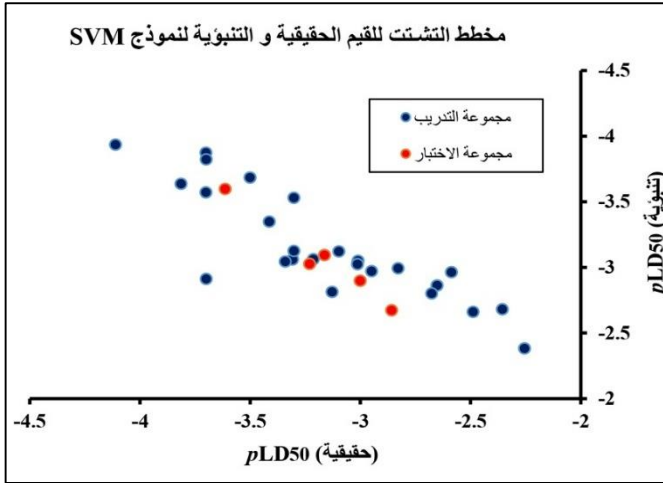
لتحسين العلاقة الرياضية بين سمية المركبات المدروسة والمؤشرات الجزيئية المختارة التي تم الحصول عليها من خلال الخوارزمية الجينية، تم استخدام هذه المؤشرات الأربعة كمدخلات (Inputs) لخوارزمية آلة المتجهات الداعمة (Support vector machine-SVM).

تم اختيار دالة خطية (Linear kernel function) ومستوى box constraint يساوي 8.449 ومقياس Epsilon يساوي 0.1731 كمعاملات مثلى للخوارزمية عبر التحسين البايزي (Bayesian Optimization).

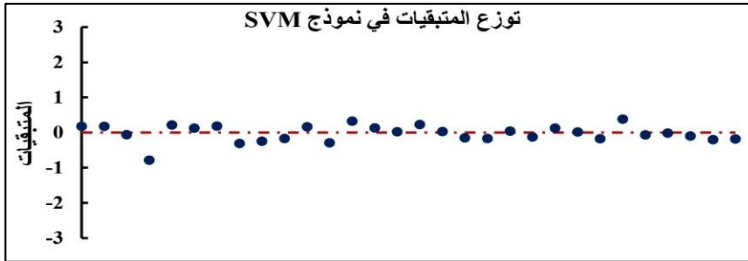
كانت المعلمات الإحصائية الخاصة بالنموذج الناتج كالتالي: متوسط مربع الخطأ $MSE_{(train)}$ هو 0.058 ، مع معامل التحديد $R^2_{(train)}$ و R^2_{cv} معادل 0.75 و 0.63 على التوالي (الجدول 4) ، مما يشير إلى تفوق لنموذج QSTR القائم على SVM في التنبؤ بسمية المركبات المدروسة مقارنة بنموذج MLR.

نلاحظ من الشكلين (3 و 4) أن القيم المتوقعة تتوافق بشكل ممتاز مع القيم التجريبية سواء في مجموعة التدريب أو مجموعة الاختبار. كما أن البقايا الخاصة بكلا المجموعتين لا تظهر أي نمط معين و متقاربة بشكل كبير من خط القيمة 0، ما يشير إلى قوة النموذج الناتج من خوارزمية SVM.

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول



شكل 3. مخطط التشتت للقسم الحقيقية و التنبؤية لنموذج SVM



شكل 4. التوزع الطبيعي للمتبقيات (Residuals) لنموذج SVM

4-5- التحقق من النماذج باستخدام مجموعة الاختبار External validation

يغية تقييم قدرة النماذج الرياضية على التنبؤ بسمية مركبات جديدة لم تُستخدم في بنائها، تم إخضاع نموذجي الانحدار الخطي المتعدد (MLR) و نموذج آلة المتجهات الداعمة (SVM) لاختبار خارجي باستخدام مجموعة مستقلة من خمسة مركبات. وأظهرت نتائج التقييم المعتمدة على معياري R^2_{test} و MSE_{test} تفوقاً واضحاً لنموذج SVM من حيث دقة التنبؤ والقدرة على

التعميم. حيث سجّل النموذج قيماً بلغت 0.72 و 0.018 للمعيارين على التوالي، مقارنةً بقيمتي 0.64 و 0.023 لنموذج الانحدار المتعدد الخطي (الجدول 4). وعموماً، تُظهر المقارنة بناءً على معايير التحقق الداخلي والخارجي أن نموذج SVM قد تفوّق على نموذج MLR، حيث حقق قيمة أقل لـ MSE وقيماً أعلى لمعامل التحديد R^2 ، مما يعكس قدرة تنبؤية واستقرائية أفضل للنموذج.

جدول 4. مقارنة المعايير الإحصائية للنماذج الناتجة عن الدراسة

النموذج	المعيار الإحصائي				
	R^2_{train}	MSE_{train}	R^2_{cv}	R^2_{test}	MSE_{test}
MLR	0.69	0.07	0.53	0.64	0.023
SVM	0.75	0.058	0.63	0.72	0.018

ويوضح الجدول التالي (جدول 5) القيم الحقيقية و القيم المتنبأ بها للمركبات المدروسة باستخدام النماذج الرياضية الناتجة:

جدول 5. القيم الحقيقية و المتنبأ بها لسمية للمركبات المدروسة (pLD_{50}) عبر النماذج

الناتجة

pLD_{50} التنبؤية		pLD_{50} الحقيقية	LD_{50} (ملغ/كغ)	اسم المبيد
MLR	SVM			
-	-	-	308	Azaconazole
2.69779	-2.6628	2.4886		
-	-	-	5010	Boscalid
3.94626	-3.8743	3.6998		
-	-	-	2588	Carboxin
3.28899	-3.3502	3.4130		

نمذجة العلاقة الكمية بين التركيب والسمية المدفوعة بالتعلم الآلي لتقييم السمية الحادة لبعض مبيدات الفطريات المثبطة للتنفس وتخليق الإرغوستيرول

-		-	5005	Cyclobutrifluram
3.01915	-2.9136	3.6994		
-		-	448	Diflumetorim
2.88526	-2.8633	2.6513		
-		-	474	Diniconazole
2.77536	-2.8033	2.6758		
-		-	3160	Epoxiconazole
-3.7381	-3.6849	3.4997		
-		-	1343	Etaconazole
-2.8535	-2.8138	3.1281		
-		-	2028	Fenamidone
3.02324	-3.0608	3.3071		
-		-	12900	Fenfuram
-3.918	-3.9370	4.1106		
-		-	674	Flusilazole
2.99027	-2.9935	2.8287		
-		-	2189	Hexaconazole
2.99323	-3.0463	3.3402		
-		-	227	Imazalil
2.69798	-2.6825	2.3560		
-		-	180	Inpyrfluxam
-2.3647	-2.3848	2.2553		
-		-	888	Ipconazole
2.91621	-2.9730	2.9484		
-		-	2000	Isoflucypram
3.46199	-3.5312	3.3010		
-		-	1250	Nuarimol
3.12505	-3.1234	3.0969		
-		-	1632	Oxycarboxin
3.06189	-3.0633	3.2127		

-	-	-	2000	Penflufen
3.02793	-3.1275	3.3010		
-	-	-	1023	Prochloraz
-3.0965	-3.0514	3.0099		
-	-	-	5015	Pydiflumetofen
-3.5411	-3.5733	3.7003		
-	-	-	5000	Silthiofam
3.68526	-3.8246	3.6990		
-	-	-	1031	Tetraconazole
3.06682	-3.0260	3.0133		
-	-	-	6500	Thifluzamide
-3.7339	-3.6381	3.8129		
-	-	-	386	Tolfenpyrad
3.22692	-2.8644	2.5866		
-	-	-	1453	Difenoconazole
3.24627	-3.0947	3.1623		
-	-	-	4100	Fluazinam
3.68524	-3.5987	3.6128		
-	-	-	1000	Pyraoxystrobin
2.94192	-2.8997	3.0000		
-	-	-	1700	Tebuconazole
-2.9492	-3.0278	3.2304		
-	-	-	721	Triadimenol
2.71673	-2.6736	2.8579		

تُستخدم المبيدات الفطرية، ولا سيما تلك التي تنتمي إلى فئة مثبطات التنفس ومثبطات تخليق الإرجوستيرول، على نطاق واسع في المجالين الطبي والزراعي لمكافحة العوامل الممرضة الفطرية [25، 26]. وقد أدى الاستخدام المكثف لهذه المركبات إلى ظهور سلالات مقاومة على نحو متسارع، مما حدا بالباحثين والشركات إلى استكشاف مركبات وصيغ جديدة منخفضة

المخاطر ضمن هذه الفئة من العوامل المضادة للفطريات [27]. وتُعد السمية البيئية والدوائية المحتملة عاملاً حاسماً في تطوير مبيدات فطرية جديدة تتميز بالفعالية وانخفاض المخاطر على الإنسان والبيئة. وفي إطار هذه الدراسة، تم تقديم نماذج QSTR أظهرت كفاءة عالية في التنبؤ بالآثار الضارة المرتبطة بهذا النوع من المركبات الكيميائية، مما يمهد الطريق أمام الباحثين لتطوير مركبات أكثر أماناً في المستقبل.

أظهر نموذج الانحدار الخطي المتعدد (MLR) قدرة تنبؤية جيدة لسمية المركبات قيد الدراسة، حيث بلغ معامل التحديد (R^2) 0.69 لمجموعة التدريب و 0.64 لمجموعة الاختبار، مع تأكيد موثوقيته التنبؤية إحصائياً من خلال تجاوز اختبار العشوائية (Y-Randomization) ومع ذلك، تفوق النموذج المنشأ باستخدام خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVM) بشكل ملحوظ خلال مرحلة التدريب والاختبار الخارجي، حيث سجل معامل تحديد قدره 0.72 لمجموعة الاختبار.

أظهرت عدة دراسات فاعلية تقنيات التعلم الآلي مثل SVM في أبحاث QSTR [28]، وتعد خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVR) أداة واسعة الانتشار في تصميم الأدوية والتنبؤ بالسمية [29]. وفي هذه الدراسة، أظهر نموذج SVM أداءً متميزاً في التنبؤ بسمية المركبات المدروسة، متجاوزاً أداء نموذج الانحدار المتعدد. وعلى الرغم من عدم وجود إجماع حول خوارزمية مثالية موحدة لتطوير النماذج في مجال QSAR [21]. تشير نتائج هذه الدراسة إلى الأهمية البالغة لخوارزميات التعلم الآلي، ولا سيما خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVM)، في أبحاث QSTR الخاصة بالمبيدات الفطرية.

1. أظهر نموذج الانحدار الخطي المتعدد (MLR) قدرة تنبؤية جيدة لسمية المركبات قيد الدراسة، سواء خلال مرحلة تدريب النموذج أو عند اختباره على مجموعة المركبات الخارجية.
2. تفوق النموذج المنشأ باستخدام خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (SVM) تفوقاً ملحوظاً على أداء نموذج الانحدار الخطي المتعدد من حيث دقة التنبؤ.
3. أثبت كلا النموذجين موثوقية إحصائية في القدرة على التنبؤ بالسمية الحادة للمركبات المدروسة.

6- التوصيات

1. توظيف النماذج المطورة في هذه الدراسة كأداة فعالة للتنبؤ بالسمية الحادة للمبيدات الفطرية التابعة لفئتي مثبطات التنفس ومثبطات التخليق الحيوي للستيرول.
2. بناء نماذج تنبؤية جديدة تعتمد على مجموعة أوسع من المركبات، واستكشاف خوارزميات تعلم آلي إضافية إلى جانب تلك المستخدمة في الدراسة الحالية لتعزيز القدرة التنبؤية ودقة النتائج.

المراجع

1. Gupta, R. C., & Gupta, P. K. (2025). Toxicity of fungicides. In *Veterinary toxicology* (pp. 581–593). **Academic Press**.
2. Fest, C., & Schmidt, K. J. (2012). The chemistry of organophosphorus pesticides. **Springer Science and Business Media**.
3. Hu, W., Liu, C. W., Jiménez, J. A., McCoy, E. S., Hsiao, Y. C., Lin, W., Engel, S. M., Lu, K., & Zylka, M. J. (2022). Detection of azoxystrobin fungicide and metabolite azoxystrobin-acid in pregnant women and children, estimation of daily intake, and evaluation of

- placental and lactational transfer in mice. **Environmental Health Perspectives**, 130(2), 027013.
4. Serra, R. S., Martínez, L. C., Cossolin, J. F. S., Resende, M. T. C. S., Carneiro, L. S., Fiaz, M., & Serrão, J. E. (2023). The fungicide azoxystrobin causes histopathological and cytotoxic changes in the midgut of the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Ecotoxicology**, 32(2), 234–242.
 5. Goetz, A. K., Ren, H., Schmid, J. E., Blystone, C. R., Thillainadarajah, I., Best, D. S., Nichols, H. P., Strader, L. F., Wolf, D. C., Narotsky, M. G., & Rockett, J. C. (2007). Disruption of testosterone homeostasis as a mode of action for the reproductive toxicity of triazole fungicides in the male rat. **Toxicological Sciences**, 95(1), 227–239.
 6. Heise, T., Schmidt, F., Knebel, C., Rieke, S., Haider, W., Pfeil, R., Kneuer, C., Niemann, L., & Marx-Stoelting, P. (2015). Hepatotoxic effects of (tri)azole fungicides in a broad dose range. **Archives of Toxicology**, 89(11), 2105–2117.
 7. Kast-Hutcheson, K., Rider, C. V., & LeBlanc, G. A. (2001). The fungicide propiconazole interferes with embryonic development of the crustacean *Daphnia magna*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 20(3), 502–509.
 8. World Health Organization. (2004). *Pesticide residues in food-2004: Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues, Rome, Italy, 20-29 September 2004*. **Food and Agriculture Organization**.
 9. Mukherjee, R. K., Kumar, V., & Roy, K. (2021). Ecotoxicological QSTR and QSTTR modeling for the prediction of acute oral toxicity of pesticides against multiple avian species. **Environmental Science & Technology**, 56(1), 335–348.
 10. Liu, Z., Dang, K., Gao, J., Fan, P., Li, C., Wang, H., Li, H., Deng, X., Gao, Y., & Qian, A. (2022). Toxicity prediction of 1, 2, 4-triazoles compounds by QSTR and interspecies QSTTR models. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 242, 113839.

11. Fishel, F. M., & Dewdney, M. M. (2012). Fungicide resistance action committee's (FRAC) classification scheme of fungicides according to mode of action. University of Florida.
12. World Health Organization. (2010). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2009. **World Health Organization**.
13. Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., Li, Q., Shoemaker, B. A., Thiessen, P. A., Yu, B., & Zaslavsky, L. (2021). PubChem in 2021: New data content and improved web interfaces. **Nucleic Acids Research**, 49(D1), D1388–D1395.
14. National Library of Medicine (NLM). (2011). <https://www.nlm.nih.gov/>
15. Froimowitz, M. (1993). HyperChem: A software package for computational chemistry and molecular modeling. *BioTechniques*, 14(6), 1010–1013.
16. Todeschini, R., Consonni, V., & Pavan, M. (2001). DRAGON–Software for the calculation of molecular descriptors, rel. 1.12 for Windows. <http://www.disat.unimib/chm>
17. Tang, K. S., Man, K. F., Kwong, S., & He, Q. (1996). Genetic algorithms and their applications. **IEEE Signal Processing Magazine**, 13(6), 22–37.
18. The MathWorks Inc. (2019). MATLAB (Version 9.7.0 (R2019b)).
19. Aiken, L. S., West, S. G., & Reno, R. R. (1991). Multiple regression: Testing and interpreting interactions. **Sage**.
20. Yu, X. (2021). Support vector machine-based model for toxicity of organic compounds against fish. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, 123, 104942.
21. Wu, Z., Zhu, M., Kang, Y., Leung, E. L., Lei, T., Shen, C., Jiang, D., Wang, Z., Cao, D., & Hou, T. (2021). Do we need different machine learning algorithms for QSAR modeling? A comprehensive assessment of 16 machine learning algorithms on 14 QSAR data sets. **Briefings in Bioinformatics**, 22(4), bbaa321.
22. Golbraikh, A., & Tropsha, A. (2002). Beware of q²! **Journal of Molecular Graphics and Modelling**, 20(4), 269–276.
23. Rücker, C., Rücker, G., & Meringer, M. (2007). Y-randomization—a useful tool in QSAR validation, or folklore. **Journal of Chemical Information and Modeling**, 47(6), 2345–2357.

24. Mauri, A., Consonni, V., Pavan, M., & Todeschini, R. (2006). Dragon software: An easy approach to molecular descriptor calculations. **MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry**, 56(2), 237–248.
25. Hewitt, H. G. (1998). Fungicides in crop protection. **Cabi International**.
26. Feng, Y., Huang, Y., Zhan, H., Bhatt, P., & Chen, S. (2020). An overview of strobilurin fungicide degradation: Current status and future perspective. **Frontiers in Microbiology**, 11, 389.
27. Chowdhary, A., Kathuria, S., Xu, J., & Meis, J. F. (2013). Emergence of azole-resistant *Aspergillus fumigatus* strains due to agricultural azole use creates an increasing threat to human health. **PLOS Pathogens**, 9(10), e1003633.
28. Abbod, M., Safaie, N., & Gholivand, K. (2024). Genetic algorithm multiple linear regression and machine learning-driven QSTR modeling for the acute toxicity of sterol biosynthesis inhibitor fungicides. **Heliyon**, 10(16).
29. Patne, A. Y., Dhulipala, S. M., Lawless, W., Prakash, S., Mohapatra, S. S., & Mohapatra, S. (2024). Drug discovery in the age of artificial intelligence: Transformative target-based approaches. **International Journal of Molecular Sciences**, 25(22), 12233.

تأثير التسميد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية وبعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

د. عبد الحكيم القشعم*

(* أستاذ مساعد بقسم المحاصيل الحقلية - كلية الزراعة - جامعة الفرات، دير الزور، سورية.

dr.abdkasham@gmail.com

الملخص

تم تنفيذ تجربة حقلية خلال الموسم الزراعي الشتوي 2025/2024 في حقل التجارب الواقع ضمن كلية الهندسة الزراعية بدير الزور، في محافظة دير الزور خلال الموسم الزراعي 2025/2024، بهدف تحديد تأثير عدة مستويات من السماد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية وبعض صفات النمو في الفول العادي. تم استخدام ثلاثة معدلات من سماد الأغنام (0، 10 و 20) طن/هـ و كذلك من السماد الفوسفوري (0، 50 و 75 كغ/هـ P_2O_5). أظهرت النتائج أنّ السماد العضوي والفسفوري سرعا ظهور البادرات وإزهار النباتات، وكانت أعلى قيمة لارتفاع النبات عند إضافة المعدلين 10 و 20 طن/هـ. كذلك أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ أعلى قيم لارتفاع النبات مقارنة بالشاهد. أدت إضافة السماد العضوي إلى زيادة الوزن الجاف للنبات وكذلك عدد الأفرع/النبات، وأعطى المعدل 20 طن/هـ أعلى قيمة للوزن الجاف للنبات و عدد الأفرع/النبات. أما السماد الفوسفوري أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ قيمة متساوية إحصائياً لهاتين الصفتين، تفوقت جميع معاملات التسميد العضوي و الفوسفوري معنوياً على معاملة الشاهد. أعطت النباتات المزروعة بأرض مسمدة بمعدل (20) طن/هـ سماد عضوي أعلى قيمة لعدد العقد الأزوتية على النبات (12.6) عقدة/نبات، و بالنسبة السماد الفوسفوري أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ قيمة متساوية إحصائياً لهذه الصفة مع تفوقهما معنوياً على معاملة الشاهد. أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى مساحة للمسطح الورقي/نبات (3510.3 Cm^2) متفوقة معنوياً على

تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

المعاملة 10 طن/هـ (3000.6 Cm²) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل مساحة/نبات (2404.0). كذلك زادت مساحة للمسطح الورقي/نبات مع زيادة معدل السماد الفوسفوري مقارنة بالشاهد. أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى معدل نمو للمحصول CGR، و تفوقت معنوياً على المعاملة 10 طن/هكتار و معاملة الشاهد التي أعطت أقل معدل نمو للمحصول.

الكلمات المفتاحية: الفول العادي، التسميد العضوي، التسميد الفوسفوري، النمو.

Effect of Organic and Phosphorus Fertilization in Phenological Stages and Some Growth Traits of Broad bean (*Vicia faba* L.) under Dier–Ezzor conditions

Dr.Abd AL–Haakeem AL–Kasham*

dr.abdkasham@gmail.com

*Assistant Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, AL–Furat University, Dier–Ezzor, Syria.

ABSTRACT

The research was performed during 2024/2025 growing season at experimental field within faculty of agriculture, Dier–Ezzor, to determining the effect of several levels of organic and phosphorus fertilization in phenological stages and some growth traits of Broad bean. Three rates of organic sheep manure (0,10 and 20) ton/ha, and also (0,50 and 75 kg/ha P₂O₅) of phosphorus fertilizer were used. Results showed that organic manure and phosphorus fertilizer has accelerated seedlings emergence and plants flowering, The highest values of plant height was achieved when adding organic fertilizer at rates of

10 and 20 ton/ha as compared with control, and also the two rates 50 and 75 kg/ha P₂O₅) gave the highest values of plant height. Adding organic sheep manure caused increasing plant dry weight and number of branches/plant, and the rate of 20 ton/ha the highest values of plant dry weight and number of branches/plant, while for phosphorus fertilizer, the rates of 50 and 75 kg/ha P₂O₅ gave statistically equal values for these traits. All treatments of organic and phosphorus fertilizers surpassed significantly the control treatment. Plants that grown at the addition rate of 20 ton/ha of organic manure gave the highest value of number of nodules per plant (12.6), and for phosphorus fertilizer, the rates of 50 and 75 kg/ha P₂O₅ gave statistically equal values for this trait with superiority above control. The 20 ton/ha treatment gave the highest leaf area/plant (3510.3 cm²) surpassing on both 10 ton/ha treatment (3000.6 cm²) and control treatment which gave the lowest leaf area/plant (2404.0 cm²). Also leaf area/plant increased with increasing phosphorus fertilizer rate. The 20 ton/ha treatment gave the highest crop growth rate CGR surpassing significantly 10 ton/ha and control treatment, which gave the lowest crop growth rate.

Key words: broad bean, organic fertilization, phosphorus fertilization, growth.

المقدمة والدراسة المرجعية:

ينتمي الفول العادي أو الشائع للفصيلة البقولية fabaceae، يعد الفول من المحاصيل البقولية الهامة حيث تتميز بذوره بارتفاع محتواها من البروتين (25-40%)، مما يعطيها أهمية خاصة في تغذية الإنسان في البلاد النامية، إضافة لغناها بالحديد والكالسيوم والفوسفور (7 ملغ، 100 ملغ و 391 ملغ/ 100غرام بذور، للعناصر الثلاثة على التوالي)، كذلك فيتامينات A, B1, B2, B3. علماً أن محتوى البذور الخضراء من الفيتامينات السابقة الذكر أعلى من البذور الجافة (Hebblethwaite, 1983). و يستخدم الفول علفاً أخضراً أو لصنع السيلاج الذي يحتوي 3% بروتين كما تحش النباتات في طور الإزهار ويحضر منه الدريس وتعد بذور الفول مادة علفية مركزة إذ يحتوي 1 كيلو غرام على 1.29 وحدة علفية و 250 غ بروتين كما أن تبن الفول يحوي على 8% بروتين و 1.5% دهن. يزرع الفول في خلطات مع الذرة الصفراء أو البيضاء ويكون العلف الناتج ذا طعم مستساغ للأبقار وللأغنام (حياص ومهنا، 2015). يضيف الفول للتربة 141 كغ أزوت للهكتار عن طريق تثبيته الأزوت الجوي (Rupela, 1987).

بلغت المساحة المزروعة سقياً في سوريا من الفول الأخضر حسب إحصائيات 2023 6467 هـ اعطت إنتاجاً قدرة 45503 طن بمردود 7036 كغ/هـ، و كانت آنذاك يحتل ريف دمشق المركز الأول في إنتاج الفول الأخضر سقياً 18249 طن يليها الحسكة ثم حلب. في حين بلغت المساحة المزروعة بعلاً في سوريا من الفول الأخضر 1432 هـ أعطت إنتاجاً قدرة 7451 طن بمردود 5203 كغ/هـ و احتلت درعا المركز الأول في إنتاج الفول الأخضر بعلاً آنذاك 2595 طن. اللادقية 1833 طن ثم حمص 1167 طن (المجموعة الاحصائية الزراعية السورية السنوية، 2023).

مما لا شك فيه أن للأسمدة الكيميائية تأثيرات سلبية على صحة الإنسان والحيوان و على سلامة البيئة، إضافة إلى ارتفاع ثمنها وصعوبة الحصول عليها أحياناً، لذلك زاد الاهتمام باستخدام الأسمدة و المخلفات العضوية التي قد تتوافر بشكل كبير في مناطق إنتاج المحاصيل بدون أن تُستغل بشكل جيد، كما أن تربة المناطق الحارة الجافة ونصف الجافة كما هو الحال في غالبية الدول العربية فقيرة بالمادة العضوية، لذا يعد رفع محتواها من المادة العضوية أمراً بالغ الأهمية لا سيما أن المادة العضوية بالتربة تقوم بوظائف عديدة تغذوية، وفيزيائية، ووظائف فيزيوكيميائية ووظائف حيوية، مما يؤدي إلى زيادة خصوبة التربة وإتاحة العناصر المغذية الكبرى والصغرى على حد سواء، كذلك تعمل المادة العضوية على امتصاص الحرارة من محيطها بسبب لونها الغامق مما يعجل في إنبات البذور، وتتحول الأسمدة العضوية عند إضافتها للتربة إلى دبال يتحلل بشكل تدريجي بواسطة ميكروبات التربة مما يجعل ما به من عناصر غذائية (أهمها

النتروجين) متاحاً لامتصاص النبات (مسلط ومصالح، 2015). بينت العديد من الدراسات فوائد استخدام الأسمدة العضوية في نمو وإنتاجية المحاصيل عموماً والفول خصوصاً يؤدي استخدام الأسمدة العضوية لنبات الفول العادي، إلى زيادة الأشعة الضوئية الممتصة وهذا بدوره سيزيد زيادة مساحة المسطح الورقي، وكذلك كفاءة التمثيل الضوئي من المادة المصنعة بعملية التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة في نمو النبات (Samra, 1999)، وينشط الفوسفور بعض الأنزيمات ومنها المسؤولة عن بناء الكلوروفيل (ابو ضاحي واليونس، 1998). وجد حيدر (2007) أن التسميد العضوي حقق زيادة في سرعة الإنبات المحاصيل، وذلك نتيجة ارتفاع درجة حرارة التربة واحتفاظها بالرطوبة. وبين زيود (2009) أن النباتات المسمدة بسماد عضوي دخلت في الإزهار أبكر من نباتات الشاهد، ويعود السبب في ذلك إلى النمو الجيد المسؤول عن حسن سير عملية التمثيل الضوئي وتكوين المواد الادخارية، حيث تنتج في الأوراق مادة فعالة (فلورجين) تحفز النباتات على الإزهار، وتنتقل من الأوراق التي تنتج فيها إلى مناطق النمو المرستيمية في أعلى وفي أسفل النبات، ويتحرك الهرمون من منطقة إلى أخرى في النبات عن طريق الماء.

وأكدت نتائج المغربي وآخرون (2015) أن للسماد العضوي البقري المتخمر تأثير مثبط لبعض الأمراض المحمولة في التربة، كذلك لوحظ تحسن في بعض مؤشرات النمو والإنتاجية في الحمص (كالوزن الجاف للنبات وعدد البذور/النبات) في حالة إضافة السماد العضوي البقري المتخمر لوسط الزراعة. كما وجد (Khan et al., 2017) في دراستهم لتأثير إضافة ثلاثة مستويات من السماد العضوي هي 5، 10، و15 طن/هكتار إضافة للشاهد (بدون أي تسميد) على الحمص، أن المعدل 15 طن/هكتار سجل أعلى ارتفاع للنبات، وكانت نباتات الحمص في هذا المعدل هي الأبر في ظهور 50% من البادرات، بينما كانت المعاملة 10 طن/هكتار الأبر في الوصول لمرحلة إزهار 50% من النباتات، وأدت إضافة السماد العضوي إلى التبكير في التزهير و النضج عموماً مقارنة بالشاهد.

وجد مرزا (2018) في قرية تشرين الواقعة على الطريق بين حماه والسلمية، عند دراسة استخدم تأثير أربعة معدلات من السماد العضوي البقري (0، 10، 20، 30) طن/ه، أن للتسميد العضوي البقري دور في زيادة ارتفاع النبات، عدد الفروع/النبات، وعدد النورات الزهرية. أعطى المعدل 30 طن/ه من السماد البقري أعلى القيم للصفات السابقة. بينت نتائج عزام (2019) في العراق أن المعدل 5 طن/ه من سماد الأغنام أعلى محتوى من الكلوروفيل في الأوراق بعد 60 يوم من الزراعة، وأعلى القيم لارتفاع النبات، عدد الأفرع/النبات، الوزن الجاف للنبات مقارنة بالمعدلين 0 و3 طن/ه. ووجدت لايقة وآخرون (2022)، أن إضافة السماد الفوسفوري بالمعدل 100 كغ/ه₂O₅ في أرض فقيرة بالفوسفور في مركز البحوث

تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

الزراعية بحمص (4 ppm الفوسفور المتاح) أعطى أعلى القيم لارتفاع النبات، مساحة الأوراق (سم²)، الوزن الرطب والجاف للنبات في مرحلتي أوج النمو الخضري وبعد 120 يوم من الزراعة، مقارنة بالمعدلات 25، 50، و 75 كغ/هـ P₂O₅.

يعد الفسفور واحداً من المغذيات الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في العمليات الحيوية، فهو المكون الرئيس لأبيض الطاقة والبناء الحيوي للأحماض النووية والأغشية، ويطلق عليه مفتاح الحياة *The key of life*، إذ لا يمكن لهذه العمليات أن تتم بدونها. تمتصه النباتات بشكل أيون الفوسفات الأحادي H₂PO₄⁻ والثنائي HPO₄⁻² اعتماداً على درجة تفاعل وسط النمو pH. كذلك يعد الفسفور أحد العناصر الكبرى التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة لما له من دور مهم في تحسين الصفات المورفولوجية، وزيادة الثمار، والمادة الحيوية، كما يعمل على إنتاج وزيادة الزيوت الطيارة ومركبات الأيض الثانوية، فهو أحد العناصر ذات تأثير مباشر بمعظم العمليات الفسيولوجية التي تجري داخل النبات، إذ يشارك في تحليل الكربوهيدرات الناتجة عن عملية البناء الضوئي وتحرير الطاقة اللازمة لعمليات البناء، فضلاً عن دوره في تكوين الأغشية الخلوية وتحتاج النباتات الفسفور بكميات كبيرة نسبياً للتركيب الحيوي الأساسي والثانوي ولأهميته بالوظائف الضرورية كعامل أساسي للأحماض النووية والفسفوليبيدات كما يؤدي دوراً أساسياً في طاقة الخلايا. ويدخل في تركيب الأغشية النباتية مثل غشاء البلازما وغشاء الفجوة والميتوكوندريا والبلاستيدة الخضراء فضلاً عن تكوين الفسفوليبيدات مثل *Lecithin* وللفسفور أهمية كبيرة في تخزين الطاقة وتوزيعها في النبات، وهذه الطاقة يتم تخزينها في بعض المركبات كأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) وكأدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP) أو تكون المرافق الأنزيمي (NADH₂ أو NADPH₂) التي تعمل كعوامل مشاركة للأنزيمات في النبات وهي ضرورية في حلقة كالفن لتركيب الكربوهيدرات (بلة، 1995).

يشكل نقص الفوسفور عائقاً أمام نمو وتطور المحاصيل البقولية واعطاء إنتاجية مثالية لاحتياجها له أكثر من بقية المحاصيل (Gitari and Mureithi, 2003); Wally *et al.*, (2005)، وتعاني من ضعف تشكل العقد الأزوتية على جذورها، أو عدم تكونها نهائياً في حالة نقصه الشديد له في التربة (العيسى، 2007); Islam *et al.*, (2012). بين عديد من الباحثين الأثر الإيجابي لإضافة الفوسفور للتربة في زيادة الغلة البذرية ومكوناتها في المحاصيل البقولية (Kushwaha, 2006); Kumar and Bahadur *et al.*, 2002)، كما يؤدي الفوسفور دوراً أساسياً في استقلاب الكربوهيدرات (Taiz and Zeiger, 2006). أسهم التسميد الفوسفاتي للفول السوداني في تعزيز نمو الجذور وزيادة تغلغلها في التربة بحثاً عن الماء والعناصر الغذائية (Mitran *et al.*, 2018); Muhammad *et al.*, 2023)، مما يؤدي

لتحسين تشكل العقد الآزوتية (Yakubu,2010) وزيادة محتوى التربة من الأزوت مما يقلل من التلوث وخفض تكاليف الانتاج الناجمة عن إضافة الأسمدة الأزوتية (Taurian *et al.*,2006). في دراسته لتأثير ثلاثة معدلات من السماد الفوسفاتي (15.5، 23.35 و 31 كغ P2O₅/فدان) على الفول السوداني، بينت النتائج تأثير هذه المستويات على كفاءة النمو الخضري، وأعطى المعدل 23.35 كغ P₂O₅/فدان (الفدان 4200 م²) أعلى القيم لمعدل نمو المصول (Salama,2024). إن جاهزية الفسفور في التربة تظهر خلال مراحل نمو النبات ولاسيما عند مرحلة التفرعات والتزهير، إذ يعد الفسفور ضرورياً للحصول على إنتاجية جيدة للمحاصيل، فهو يسرع من نضج النباتات ويحسن نوعية الحاصل. ونظراً للوظائف العديدة والمختلفة التي يقوم بها الفسفور في عمليات البناء الحيوي، لهذا فإن نقصه يقلل من معدل تكوين والنشا والسليولوز، لأنه يشارك بتحليل الكربوهيدرات والمواد الأخرى الناتجة من عملية التمثيل الكربوني لتحرير الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية للنبات (الربيعي وآخرون،2024).

هدف البحث:

- 1- دراسة تأثير معدلات التسميد العضوي على بعض صفات النمو في الفول العادي
- 2- دراسة تأثير معدلات التسميد الفوسفوري على بعض صفات النمو في الفول العادي
- 3- دراسة تأثير التفاعل بين معدلات التسميد العضوي والفوسفوري على بعض صفات النمو في الفول العادي

مواد وطرائق البحث

تم تنفيذ تجربة حقلية خلال الموسم الزراعي الشتوي 2025/2024 في حقل التجارب الواقع ضمن كلية الزراعة بدير الزور، في محافظة دير الزور (خط طول 40.1° شرق غرينتش و دائرة عرض 35.22° شمال خط الاستواء)، تمتاز المنطقة بصيف حار جاف و شتاء بارد قليل الأمطار (معدل الأمطار السنوي -250 150 ملم).

المادة النباتية:

-الفول البلدي، ويسمى القبرصي أيضاً، أصل الصنف مستورد ويسمى بالبلدي لانتشاره بكثرة في القطر، صنف مقاوم للانفراط، ساقه قائمة جوفاء مضلعة يصل طولها 60-160 سم، الثمرة تحتوي من 1-3 حبات، البذرة مستطيلة مفلطحة طولها 1.6 - 1.8 سم، وزن 100 بذرة 90 غرام. مبكر في النضج، يزرع خلال 15 تشرين الثاني -15 كانون الاول، يوجد في الاراضي الصفراء (الخفيفة). يستهلك غالباً وهو أخضر.

تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

تم أخذ عينات عشوائية من التربة لإجراء التحليل الميكانيكي والكيميائي لها في مخابر وزارة الزراعة بدمشق، كانت التربة في موقع التجربة لومية طينية، مائلة للقاعدية، غير مالحة، فقيرة المحتوى بالمادة العضوية، متوسطة المحتوى بالأزوت الكلي والفوسفور المتاح و جيدة المحتوى بالبوتاسيوم المتبادل.

الجدول (1). بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في موقع التجربة.

السلت %	الرمل %	الطين %	K المتبادل Ppm	P المتاح Ppm	الأزوت الكلي %	مادة عضوية %	EC ميلليموز/سم	PH
35	39	26	305	13	0.1	0.5	0.87	8.2

المعاملات المدروسة:

تضمنت التجربة دراسة عاملين:

1-العامل الأول: معدلات إضافة السماد العضوي وفق الآتي:

M1- الشاهد بدون أي إضافة من السماد العضوي

M2 - إضافة السماد العضوي بمعدل 10 طن/هك

M3 - إضافة السماد العضوي بمعدل 20 طن/هك

2-العامل الثاني: معدلات إضافة السماد الفوسفوري:

P1 - شاهد بدون أي إضافة للسماد الفوسفوري.

P2 - إضافة السماد الفوسفوري بمعدل 50 كغ/هـ (P_2O_5)

P3 - إضافة السماد الفوسفوري بمعدل 75 كغ/هـ (P_2O_5)

. تم استخدام سماد عضوي غنم متخمّر، وسماد السوبر فوسفات الثلاثي (P_2O_5 % 46).

التصميم التجريبي والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات كاملة العشوائية RCBD مع ترتيب المعاملات بطريقة القطع

المنشقة مرة واحدة (Split-Plot Design) في ثلاثة مكررات، بحيث خصصت القطع الرئيسية

لمعاملات التسميد العضوي، والقطع المنشقة لمعاملات إضافة السماد الفوسفوري. تم إجراء التحليل

الإحصائي باستخدام برنامج MSTAT-C، و استخدم اختبار F لتقدير الفروق المعنوية، و حسبت قيمة

L.S.D عند مستوى معنوية 5% .

طريقة تنفيذ البحث:

تم تجهيز التربة بإجراء حراثة عميقة ثم تبعها حراثتان متعامدتان بعمق أقل ثم جرت عملية تنعيم وتسوية للتربة ثم خطت وقسمت إلى قطع تجريبية، احتوت كل قطعة تجريبية على أربعة خطوط، المسافة بين الخطوط 40 سم وبين النباتات على نفس الخط 15 سم. أضيف كلاً من السماد العضوي و السماد الفوسفاتي مع الفلاحة الأخيرة وفق المعدلات المدروسة، وتم إضافة السماد الأزوتي عند الزراعة بمعدل 30 وحدة كغ أزوت/هـ كجرعة منشطة ريثما تتكون العقد الأزوتية (حياص ومهنا، 2015). تمت الزراعة بتاريخ 2024/10/24، كانت الزراعة مروية وروبت القطع التجريبية بالغمر، كان طول الخط 1.5 م وبالتالي مساحة القطعة التجريبية (2.4 م²)، وعدد القطع التجريبية 18 قطعة كما هو واضح في مخطط التجربة (الشكل، 1)، فبلغت صافي مساحة التجربة (43.2 م²) بدون الممرات والفواصل بين القطع التجريبية.

R3		R2		R1	
P1	M2	P3	M3	P1	M1
P2		P1		P2	
P3		P2		P3	
P3	M3	P2	M1	P3	M2
P2		P1		P2	
P1		P3		P1	
P2	M1	P1	M2	P2	M3
P3		P2		P3	

تأثير التسميد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

P1		P3		P1	
----	--	----	--	----	--

الشكل (1) مخطط التجربة

M1 : الشاهد (0 طن/هـ) سماد عضوي ، M2:10 طن/هـ سماد عضوي غنم ،

M3: 20 طن/هـ

P1: الشاهد (0 P₂O₅ كغ/هـ) ، P2: 50 P₂O₅ كغ/هـ ، P3: 75 P₂O₅ كغ/هـ .

الصفات المدروسة:

1-المراحل الفينولوجية:

- عدد الأيام للإنبات

= عدد الأيام من الزراعة لظهور أول زهرة

2-- تم أخذ الصفات التالية في مرحلة الإزهار (أوج النمو):

- ارتفاع النبات /سم/: من سطح التربة إلى قمة النمو للنبات للساق الرئيسي.

- عدد العقد الأزوتية /النبات.

- الوزن الجاف للنبات.

= مساحة المسح الورقي الكلي للنبات (Cm² /نبات): وذلك بقياس أقصى طول و عرض للورقة من المعادلة:

مساحة الورقة (سم²) = طول الورقة (سم) × عرض الورقة (سم) × 0.583

مساحة الورقة الواحدة (سم²) = عدد الوريقات × مساحة الورقة الواحدة (سم²)

وهكذا، مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات (سم²/نبات) = مجموع مساحة جميع أوراق النبات (بلة، 1995)

حيث أخذت هذه القراءات على خمسة نباتات اختيرت عشوائياً من كل قطعة تجريبية.

3-معدل نمو المحصول Crop growth rate (CGR) (غ/م²/يوم): يعبر عن كمية المادة الجافة المتراكمة في وحدة المساحة المزروعة خلال فترة زمنية محددة ويحسب بحسب (حسن، 2002):

$$CGR = (W_2 - W_1) / P (T_2 - T_1)$$

CGR : معدل نمو المحصول (غ/م²/يوم).

W1 ، W2 : وزن النبات الجاف (غ) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب.

P : مساحة الأرض التي يشغلها النبات.

T2-T1: عدد الأيام (يوم) بين المرحلتين.

علماً أنه تم أخذ w1 بعد 76 يوم من الزراعة (مرحلة 4 أوراق)، w2 بعد 132 يوم من الزراعة (أوج الإزهار).

النتائج والمناقشة:

أولاً المراحل الفينولوجية:

1- عدد الأيام للإنبات:

يبين الجدول (2) أن لمستوى التسميد العضوي تأثيراً معنوياً في عدد الأيام اللازمة لتكشف البادرات في الفول. سُجلت أعلى قيمة لعدد الأيام اللازمة للإنبات في حالة المعاملة (0) طن/هـ التي تمثل الشاهد بمتوسط (16.7) يوم، تلاها وبفارق معنوي معدل التسميد 10 طن/هـ (14.3) يوم. بينما كان عدد الأيام للإنبات أقل في حالة اضافة المعدل 20 طن/هـ من السماد

الجدول (2). تأثير معدلات التسميد العضوي والفسفوري على عدد الأيام لإنبات بذور نبات الفول

العادي

معدلات السماد الفوسفوري P2O5 (كغ/هـ)				معدلات التسميد العضوي
متوسط السماد العضوي	75	50	0	
16.7 a	15	16.16	19	0 طن/هـ
14.3 b	14	14	15	10 طن/هـ
13.0 c	12	13	14	20 طن/هـ
	13.7 b	14.3 b	16 a	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%
	1.213	1.413	1.011	

العضوي (13) يوم. إن سرعة تكشف البادرات في حالة التسميد العضوي بشكل عام يمكن أن يعود إلى أن الدبال الناتج عن تحلل المادة العضوية يمد البذور بالعناصر الغذائية، و يساعد على امتصاص العناصر اللازمة للإنبات.

تتميز مرحلة الإنبات بنشاط فيزيولوجي كبير متمثلاً بزيادة النشاط الاستقلابي و الأنزيمي وانقسام خلايا الجنين، بالتالي ارتفاع درجة حرارة التربة للحدود الملائمة يعجل في إنبات البذو، وهذا يتوافق مع نتائج زيود

تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

(2010) و Khan *et al.*, (2017). كذلك كان لمستوى التسميد الفوسفوري تأثير معنوي في عدد الأيام اللازمة لتكشف البادرات في الفول. وكان أقل عدد من الأيام في المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 بدون فرق معنوي بينهما. حيث أن للفوسفور أهمية بالغة خلال الإنبات فهو يدخل في مركبات الطاقة ATP ، ADP ، ويدخل في تركيب الأحماض النووية DNA ، RNA و يعمل كمرافق أنزيمي ويدخل في بناء أغشية الخلايا لا سيما في تركيب الفوسفوليبيدات كما ذكر الربيعي وآخرون (2024).

بالنسبة للتفاعل بين معدلات السماد العضوي والفوسفوري، عموماً كانت اقل فترة للإنبات في المعدل 20 طن/هك سماد عضوي وسماد فوسفوري 50،75 كغ/هك P_2O_5 (12 و 13 يوم)، على التوالي، بدون فرق معنوي بين المعدلين 50 و 75 (جدول، 2)

=2 عدد الأيام من الزراعة لظهور أول زهرة:

يبين الجدول (3) أن لمستوى التسميد العضوي تأثير معنوي في عدد الأيام اللازمة للوصول إلى مرحلة بداية الإزهار. كانت أن أعلى قيمة لعدد الأيام للإزهار ويفارق معنوي في معاملة الشاهد (66) يوم، وأقل عدد أيام لهذه المرحلة كانت في حالة اضافة المعدلين 10 و 20 طن/هكتار بدون فارق معنوي بين هذين المعدلين. وتم الإزهار خلال 62.3 و 61.7 يوم للمعدلين 10 و 20 طن/هكتار، على التوالي. أي أنه يمكن القول أن التسميد العضوي أدى إلى الإسراع في الوصول إلى الإزهار مقارنة بالشاهد، ويعود السبب في ذلك إلى حسن سير عملية التمثيل الضوئي وتكوين المواد الادخارية

الجدول (3). تأثير معدلات التسميد العضوي والفوسفوري على عدد الأيام لظهور أول زهرة في نبات الفول العادي.

معدلات السماد الفوسفوري P2O5 (كغ/هـ)				معدلات التسميد العضوي
متوسط معدلات السماد العضوي	75	50	0	
66 a	66	65	67	0 طن/هـ
62.3 b	61	62	64	10 طن/هـ
61.7 b	61	61	63	20 طن/هـ
	62.7 b	62.7 b	64.7 a	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%
	1.213	1.413	1.111	

مما يزيد من كفاءة الأوراق في تصنيع هرمون الإزهار (الفلورجين) الذي يحفز النباتات على الإزهار (زيدود، 2009). كذلك يتضح من بيانات الجدول (3) تكبير نباتات الفول في التزهير مع زيادة معدل السماد الفوسفوري، وكان أقل عدد من الأيام اللازمة لبداية الإزهار في حالة المعدلين 50 و 75 كغ P₂O₅ بدون فرق معنوي بينهما. إضافة لما ذكر سابقاً عن أهمية الفوسفور فإنه يدخل في عملية التمثيل الضوئي، وهي العملية التي تقوم بها النباتات بجمع الطاقة من الشمس لإنتاج جزيئات الكربوهيدرات، أي تكوين السكريات، التي تنقل بواسطة مركبات الطاقة لتخزن في أجزاء النبات المخصصة لتخزن المواد الغذائية في أجزاء النبات المختلفة بالتالي تحفيز النمو. ونظراً للوظائف العديدة والمختلفة التي يقوم بها الفسفور في عمليات البناء الحيوي، لهذا فإن نقصه يقلل من معدل تكوين الكربوهيدرات (أبو ضاحي واليونس، 1980). بالنسبة للتفاعل بين معدلات السماد العضوي والفوسفوري، عموماً كانت أعلى فترة لأول زهرة (67 يوم) في معاملة الشاهد (0) سماد عضوي و 0 سماد فوسفوري (جدول، 3).

3- ارتفاع النبات (سم):

يبين الجدول (4) أن لمستوى التسميد العضوي أثر بشكل معنوي في ارتفاع النبات. سجلت النباتات أعلى ارتفاع (62.0 سم) عند استخدام المعدل 20 طن/هـ سماد عضوي، ومتفوقة بدلالة معنوية

تأثير التسميد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

على النباتات المزروعة بأرض مسمدة بمعدل (10) طن/هكتار، إذ بلغ ارتفاعها (56.9) سم، كما تفوقت معنوياً جميع معاملات التسميد العضوي على معاملة الشاهد. إن ما أورده مسلط ومصلح(2015) يوضح دور المادة العضوية في زيادة نمو وارتفاع النبات. تتوافق هذه النتائج مع نتائج دراسة ميرزا (2018)، (Muhmad,2007)، و لايقة (2022). كذلك زاد ارتفاع النبات مع زيادة معدل السماد الفوسفوري، عموماً كانت أطول النباتات (68.2 سم) في معاملة 20 طن/هكتار سماد عضوي و السماد فوسفوري 75 كغ/هكتار P_2O_5 (جدول،4). سبب الاستجابة للتسميد الفوسفوري، أنه يعمل على تحفيز انقسام الخلايا واستطالتها من خلال دوره في التمدد الجيد للجدار الخلوي (Khalid, 2013 b). وكانت نتائج عزام (2019) و لايقة (2022) في نفس الاتجاه. الجدول (4). تأثير معدلات التسميد العضوي والفسفوري على ارتفاع النبات (سم). في نبات الفول العادي.

معدلات السماد الفوسفوري P_2O_5 (كغ/ه)				معدلات التسميد العضوي
متوسط معدلات التسميد العضوي	75	50	0	
53.9 c	57.2	54.4	50.0	0 طن/ه
56.9 b	60.5	56.7	53.4	10 طن/ه
62.0 a	68.2	60.4	57.3	20 طن/ه
	62.00 a	57.2 b	53.6 c	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%
	2.8111	1.889	2.01	

4- الوزن الجاف للنبات:

تشير بيانات الجدول 5، إلى أنه أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى وزن جاف للنبات (26.6 غ)، و تفوقت معنوياً على المعاملة 10 طن/هكتار (18.23 غ) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل وزن (16.06 غ). كذلك زاد الوزن الجاف للنبات مع زيادة معدل السماد الفوسفوري، عموماً كانت أعلى القيم في المعدل

20 طن/هك سماد عضوي مع المعدلين 50 و 75 كغ P₂O₅ (30.93 ، 31.05 غ)، على الترتيب، بدون فرق معنوي بينهما (جدول، 5)
الجدول (5). تأثير معدلات التسميد العضوي والفسفوري على الوزن الجاف للنبات في نبات الفول العادي.

معدلات السماد الفسفوري P ₂ O ₅ (كغ/ه)				معدلات التسميد العضوي
متوسط معدلات التسميد العضوي	75	50	0	
16.06 c	17.7	16.9	13.6	0 طن/ه
18.23 b	19.2	18.3	17.2	10 طن/ه
26.6 a	31.05	30.93	17.8	20 طن/ه
	22.65 a	22.04 a	16.2 b	متوسط معدلات السماد الفسفوري
	التفاعل	فسفوري	عضوي	LSD 5%
	0.989	2.850	1.660	

هذه النتائج تتوافق مع نتائج (1999، Samra، ميرزا (2018)، عزام (2019) و لايقة (2022). يمكن أن يُعزى دور التسميد العضوي إلى أن المادة العضوية تحسن الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وتزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، وتمد التربة والنبات بالعناصر الغذائية، كذلك تعمل على زيادة تركيز العناصر الغذائية المتاحة للنبات سواء الصغرى أو الكبرى نتيجة دورها في زيادة حموضة التربة، وهذا ينعكس بدوره على زيادة معدل التمثيل الضوئي وزيادة تكوين المادة الجافة في النبات مما ينعكس إيجاباً في زيادة معدلات النمو. وهذا ما أكدته نتائج كل من ما يزيد معدل العمليات البنائية داخل النبات كالتمثيل الضوئي و بالتالي زيادة انتقال نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب وهذا يؤدي لزيادة النمو متمثلاً في زيادة صفات النمو المختلفة كما سنرى لاحقاً. ويعمل الفوسفور على تنشيط عدد كبير من الأنزيمات المسؤولة عن التمثيل الضوئي وتأخير فترة شيخوخة الأوراق مما ينعكس على تراكم المادة الجافة وانتقالها لكافة أجزاء النبات، و بين عديد من الباحثين الأثر الإيجابي لإضافة الفوسفور للتربة في مكونات

تأثير التسميد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

الغلة في المحاصيل البقولية (Kushwaha, 2006); Bahadur *et al.*, 2002 Kumar and) كما يؤدي الفوسفور دوراً أساسياً في استقلاب الكربوهيدرات (Taiz and Zeiger, 2006)
5- عدد الفروع/نبات:

تشير بيانات الجدول (6)، إلى أنه أعطت المعاملة 20 طن/هـ أعلى قيمة لعدد الأفرع/النبات (10.64 فرع) ، و تفوقت معنوياً على المعاملة 10 طن/هـ (8.2) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل متوسط (5.6) فرع/النبات. كذلك زاد عدد الفروع/النبات مع زيادة معدل السماد الفوسفوري، عموماً كانت أعلى القيم (10.9 و 11.6) في المعدل 20 طن/هـ سماد عضوي و المعدلين 50 و 75 كغ P₂O₅ (على الترتيب)، بدون فرق معنوي بينهما (جدول،6). هذه النتائج تتوافق مع نتائج Gitari and Mureithi (2003) و Wally *et al.*, (2005) وعزام (2019) والتي كانت في نفس الاتجاه. الجدول (6). تأثير معدلات التسميد العضوي والفسفوري على عدد الأفرع/النبات في نبات الفول العادي.

معدلات السماد الفوسفوري P ₂ O ₅ (كغ/هـ)				معدلات التسميد العضوي
متوسط معدلات السماد العضوي	75	50	0	
5.6 c	6.43	5.97	4.3	0 طن/هـ
8.2 b	8.89	8.49	7.2	10 طن/هـ
10.64 a	11.6	10.9	9.42	20 طن/هـ
	8.99 a	8.4 a	7.00 b	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%
	1.20	1.05	2.08	

7- عدد العقد الأزوتية/نبات:

تشير بيانات الجدول 8، إلى أنه أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى عدد للعقد الأزوتية/نبات (12.6)، و تفوقت معنوياً على المعاملة 10 طن/هكتار (10.5) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل عدد لها (7.4). كذلك زاد العدد مع زيادة معدل السماد الفوسفوري، عموماً كانت أعلى القيم في المعدل 20 طن/هـ.

سماد عضوي و المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 (13.9 ، 14.1)، على الترتيب، بدون فرق معنوي بينهما (جدول،8). إنَّ المادة العضوية تعمل كما أسلفنا على زيادة معدل التمثيل الضوئي وزيادة تكوين المادة الجافة في النبات، وهذا ينعكس على نمو العقد الأزوتية التي تأخذ الكربوهيدرات اللازمة الجدول (8). تأثير معدلات التسميد العضوي والفوسفوري على عدد العقد الأزوتية/نبات في نبات الفول العادي.

معدلات السماد الفوسفوري P_2O_5 (كغ/هـ)				معدلات السماد العضوي
متوسط معدلات السماد العضوي	75	50	0	
7.4 c	9.5	7.4	5.2	0 طن/هـ
10.5 b	11.3	10.7	9.4	10 طن/هـ
12.6 a	14.1	13.9	9.9	20 طن/هـ
	11.6 a	10.7 a	8.2 b	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%
	1.135	2.111	1.911	

لتكونها من النبات البقولية. هذه النتائج تتوافق مع نتائج (Gomaa *et al.*, 2010)، العيسى (2007) ; Islam *et al.*, (2012). أسهم التسميد الفوسفاتي للفول السوداني في تعزيز نمو الجذور وزيادة تغلغلها في التربة بحثاً عن الماء والعناصر الغذائية (Mitran *et al.*, 2018 ; Muhammad *et al.*, 2023)، مما يؤدي لتحسين تشكل العقد الأزوتية (Yakubu, 2010) وزيادة محتوى التربة من الأزوت مما يقلل من التلوث وخفض تكاليف الانتاج لناجمة عن إضافة الأسمدة الأزوتية (Taurian *et al.*, 2006).
8- مساحة المسطح الورقي للنبات Cm^2 :

تشير بيانات الجدول 7، إلى أنه أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى مساحة للمسطح الورقي/نبات (Cm^2 3510.3)، وتوقفت معنوياً على المعاملة 10 طن/هـ (Cm^2 3000.6) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل مساحة/نبات (2404.0). كذلك زادت مساحة للمسطح الورقي/نبات مع زيادة معدل السماد

تأثير التسميد العضوي والفسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

الفسفوري مقارنة بالشاهد، عموماً كانت أعلى القيم في المعدل 20 طن/هك سماء عضوي مع المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ (3871.4 ، 3950.7 Cm^2 ، على الترتيب)، بدون فرق معنوي بين المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ.

جدول (7): تأثير معدلات التسميد العضوي والفسفوري على مساحة المسطح الورقي/نبات (Cm^2) في نبات الفول لعادي.

معدلات السماد الفسفوري P_2O_5 (كغ/هـ)				معدلات التسميد
متوسط معدلات السماد العضوي	75	50	0	العضوي
2404.0 c	2711.1	2400.6	2100.2	0 طن/هـ
3000.6 b	3250.6	3050.8	2700.4	10 طن/هـ
3510.3 a	3950.7	3871.4	2708.7	20طن/هـ
	3304.1 a	3107.6 a	2503.1 b	متوسط معدلات السماد الفسفوري
	التفاعل	فسفوري	عضوي	LSD 5%
	211.8	311.5	299.6	

ذكرنا سابقاً دور المادة العضوية في إمداد النبات بالعناصر الغذائية ببطيء خلال مراحل نمو النبات المختلفة وزيادة تركيز الكلوروفيل الأمر الذي ينعكس على زيادة فعالية عملية التركيب الضوئي وبالتالي زيادة المسطح الورقي للنبات وهذا يتوافق مع ما ذكره ميرزا (Samra,1999)، عزام (2019) و لايقة (2022). وكذلك بالنسبة للفوسفور ويدخل الفسفور في تكوين الأحماض النووية (DNA) الحامل للصفات الوراثية و (RNA) المهم في عملية تكوين البروتينات، ويدخل في تكوين الأغشية النباتية مثل غشاء البلازما وغشاء الفجوة والميتوكندريا والبلاستيدة الخضراء فضلاً عن تكوين الفوسفوليبيدات مثل Lecithin وللفسفور أهمية كبيرة في تخزين الطاقة وتوزيعها في النبات، ويساهم الفسفور في تحفيز نمو الجذور ونموها وتفرعها، وفي عمليات نمو الخلايا النباتية وانقسامها وزيادة عدد تفرعات النبات و دخوله في عملية التمثيل الضوئي وزيادة مساحة المسطح الورقي (أبو ضاحي واليونس،1980)، عزام (2019) و لايقة (2022).

9- معدل نمو المحصول CGR (غ/م²/يوم) :

تشير بيانات الجدول 8، إلى أنه أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى معدل نمو للمحصول CGR (2.03 غ/م²/يوم)، و تفوقت معنوياً على المعاملة 10 طن/هكتار (1.6 غ/م²/يوم) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل معدل نمو للمحصول (1.5 غ/م²/يوم).

الجدول (8). تأثير معدلات التسميد العضوي والفوسفوري على معدل نمو المحصول CGR (غ/م²/يوم) في نبات الفول

العادي.

معدلات السماد الفوسفوري P2O5 (كغ/ه)				معدلات التسميد العضوي
متوسط معدلات التسميد العضوي	75	50	0	
1.5 c	1.7	1.5	1.4	0 طن/ه
1.6 b	1.8	1.6	1.5	10 طن/ه
2.03 a	2.00	2.40	1.7	20 طن/ه
	1.8 a	1.8 a	1.5 b	متوسط معدلات السماد الفوسفوري
	التفاعل	فوسفوري	عضوي	LSD 5%

تأثير التسميد العضوي والفوسفوري على المراحل الفينولوجية و بعض صفات النمو في الفول العادي تحت ظروف دير الزور

	0.06	0.1	0.03	
--	------	-----	------	--

كذلك زاد معدل نمو المحصول مع زيادة معدل السماد الفوسفوري مقارنة بالشاهد، يتوافق هذا مع ما ذكره أبو ضاحي واليونس(1980) بالنسبة للمادة العضوية و (Salama,(2024) بالنسبة للسماد الفوسفوري. عموماً كانت أعلى القيم في المعدل 20 طن/هك سماد عضوي مع المعدل 50 كغ P_2O_5 /هـ (2.40 غ/م²/يوم).

ان الصفات السابقة الي تم شرحها تبين ضمناً سبب تفوق إضافة السماد العضوي والفوسفوري بهذه الصفة.

الاستنتاجات:

- أدت إضافة السماد العضوي إلى الإسراع في ظهور البادرات وكذلك على التبرير في الإزهار، فكانت أقل فترة للإنبات والإزهار في حالة إضافة المعدلين 10 و 20 طن/هـ، حيث تم الإنبات خلال (14.3 و 13.0) يوم في هذين المعدلين، على التوالي. والإزهار خلال (62.3 و 61.7) يوم للمعدلين المذكورين، على التوالي بدون وجود فرق معنوي بين هذين المعدلين. كذلك نفس التأثير بالنسبة للسماد الفوسفوري في تسريع ظهور البادرات والتبرير في الإزهار في المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ (بدون وجود فرق معنوي بينهما) مقارنة بالشاهد 0 كغ P_2O_5 /هـ.

- تحققت أعلى قيمة لارتفاع النبات عند إضافة المعدلين 10 و 20 طن /هكتار، حيث بلغ ارتفاع النبات (56.9 و 62.0) سم في هذين المعدلين، على التوالي مقارنة بالشاهد (53.9) سم. كذلك أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ أعلى قيم لارتفاع النبات (57.2 و 62.0) سم، في هذين المعدلين، على التوالي مقارنة بالشاهد (53.6) سم.

- أدت إضافة السماد العضوي إلى زيادة الوزن الجاف للنبات وكذلك عدد الأفرع/النبات، وأعطى المعدل 20 طن/هـ 15 على قيمة للوزن الجاف للنبات و عدد الأفرع/النبات. أما السماد الفوسفوري أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ قيمةً متساوية إحصائياً لهاتين الصفتين، تفوقت جميع معاملات التسميد العضوي و الفوسفوري معنوياً على معاملة الشاهد.

- أعطت النباتات المزروعة بأرض مسمدة بمعدل (20) طن/هـ سماد عضوي أعلى قيمة لعدد العقد الأزوتية على النبات (12.6) عقدة/نبات، تلاها المعاملة 10طن سماد عضوي/هـ(10.5) عقدة

بكتيرية/نبات، وأعطت معاملة الشاهد أقل قيمة بلغت (7.4) عقدة/نبات. و بالنسبة السماد الفوسفوري أعطى المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ قيمةً متساوية إحصائياً لهاتين الصفتين مع تفوقهما معنوياً على معاملة الشاهد في عدد العقد الأزوتية/نبات.

- أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى مساحة للمسطح الورقي /نبات (3510.3 Cm^2)، وتوقفت معنوياً على المعاملة 10 طن/هـ (3000.6 Cm^2) و معاملة الشاهد التي أعطت أقل مساحة/نبات (2404.0). كذلك زادت مساحة للمسطح الورقي/نبات مع زيادة معدل السماد الفوسفوري مقارنة بالشاهد، عموماً كانت أعلى القيم في المعدل 20 طن/هـ سماد عضوي مع المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ (3871.4 ، 3950.7 Cm^2 ، على الترتيب)، بدون فرق معنوي بين المعدلين 50 و 75 كغ P_2O_5 /هـ.

- أعطت المعاملة 20 طن/هكتار أعلى معدل نمو للمحصول CGR، و توقفت معنوياً على المعاملة 10 طن/هكتار و معاملة الشاهد التي أعطت أقل معدل نمو للمحصول. كذلك زاد معدل نمو المحصول مع زيادة معدل السماد الفوسفوري مقارنة بالشاهد.

- نستنتج أنه في حال عدم إضافة سماد عضوي كانت معاملة التسميد الفوسفوري بمعدل 75 كغ P_2O_5 /هـ هي الأفضل في زيادة قيم صفات كل من ارتفاع النبات /سم/، عدد الأفرع/النبات، الوزن الجاف للنبات، عدد العقد/النبات، مساحة المسطح الورقي ومعدل نمو المحصول. أما في حالة إضافة سماد عضوي وفوسفوري كان المعدل 20 طن/هـ سماد عضوي و 50 كغ P_2O_5 /هـ سماد فوسفوري الأفضل للصفات السابقة الذكر.

التوصيات:

توصي الدراسة بما يلي تحت ظروف بيئية مشابهة لمنطقة الدراسة :

- 1 - تسميد الفول بسماد عضوي غنم بمعدل 20 طن/هـ و 50 كغ P_2O_5 /هـ سماد فوسفوري للحصول على الأفضل القيم لصفات النمو في الفول العادي.
- 2- في حال عدم إضافة سماد عضوي يتم لتسميد الفول بالسماد الفوسفوري بمعدل 75 كغ P_2O_5 /هـ.
- 3- اختبار معدلات أخرى من السماد العضوي والفوسفوري للفول في ترب مختلفة وتراكيز مختلفة للفوسفور في التربة.

المراجع العلمية (References)

أولاً- المراجع العربية

- أبو ضاحي، يوسف محمد ومؤيد أحمد اليونس (1988). دليل تغذية النبات، جامعة بغداد، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.
- الحسن ، حيدر، 2007- أثر التسميد العضوي في الخصائص الخصوبية للتربة وفي إنتاج البطاطا في ظروف منطقة القصير بمحافظة حمص، اطروحة ماجستير ، كلية الزراعة ، جامعة البعث الربيعي، سوزان محمد خضير. الفرطوسي، حميد عبد خشان و الشلاه، نور عبد المنعم. دليلك في تحليل التربة. جامعة كربلاء. كلية الزراعة جمهورية العراق. 273 ص.
- العيسى، عبدالله. (2007). ميكروبيولوجيا التربة، منشورات جامعة حمص، سورية.
- المجموعة الإحصائية السورية الزراعية (2023)، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
- المغربي، صباح و باسمه برهوم و ليلي علوش (2015). تأثير التسميد العضوي البقري المتخمر في نسبة وشدة الإصابة بالفطر *fusarium oxysporum* f. sp. *cicer* المسبب لمرض الذبول على الحمص. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية . 185-200:(1)37
- بله، عدنان حسن (1995). فسيولوجيا المحاصيل الحقلية، منشورات كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، 330 ص.
- حسن ، أحمد عبد المنعم (2002). سلسلة محاصيل الخضر، تكنولوجيا الإنتاج والممارسات الزراعية المتطورة، إنتاج الخضر البقولية، الطبعة الأولى الدار العربية للنشر والتوزيع، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، مصر، ص 156.
- حياص، بشار وأحمد مهنا(2015). إنتاج محاصيل الحبوب والبقول، منشورات جامعة البعث، كلية الزراعة، حمص، سورية. 340 ص.
- زيود، عمار (2009). تأثير أنواع السماد العضوي ومواعيد إضافتها في صفات ونمو وإنتاج صنف القطن حلب 133 ونوعية أليافه في ظروف منطقة الغاب. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. 114 ص.

- لايقة، رهف ; حياص، مهنا وفادي عباس(2022). دراسة بعض الصفات التطورية والمورفوفيزيولوجية للقول العادي تحت تأثير التسميد الفوسفوري والرش بخميرة الخبز في مواعيد زراعية مختلفة. مجلة جامعة البعث، 44(16):135-167.
- مرزا، أحمد(2018). استجابة محصول الفول لكثافات نباتية مختلفة تحت تأثير معدلات من السماد العضوي. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سورية. 126 ص.
- مسلط، موفق مزبان وعمر هاشم مصلح (2015). أساسيات في الزراعة العضوية، جامعة الأنبار، منشورات كلية الزراعة، العراق. 149 صفحة.

ثانياً-المراجع الأجنبية

- Abdelghani, M.M.; and M.A. Fayid (2012). Effect of Rhizobium inoculation and compost addition on chickpea plant grown in sandy soil. 10th international conference of Egyptian soil science society (ESSS),,5-8 November 2012. Ameria, Alexandria, Egypt.
- Aromatic. Plant Science and Biotechnology 6 (Special Issue:1):127-
- Bahadur, M.M., Ashrafuzzaman, M., Kabir, M.A., Choudhary, M.F., and A.N.Majumdar (2002). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties to different levels of phosphorus. Crop Research, 23, 293-299.
- Gitari, J.N., and Mureithi, J.G. (2003). Effect of phosphorus fertilization on legume nodule formation and biomass production in Mont Kenya Region. East African Agricultural and Forestry Journal, 69, 83-87.
- Gomaa, A.M, M.H.M. Afifi,M.F. Mohamed and C.Y,EL-dewiny (2010). Nodulation ,growth parameters and yield quality of faba bean cultivated in newly reclaimed sandy soil under Bio –organic Agriculture system.L.J of Academic Research 2(5);134-138.
- growing under arid conditions. Medicinal and
- Islam, M., Mohsan, S., Ali, S., Khalid, R., and S. Afzal (2012). Response of chickpea to various levels of phosphorus and sulphur under rain-fed conditions in Pakistan. Romanian Agricultural Research, 29, 175-183.
- Khalid, A. K. (2012 b). Effect of fertilization on anise, coriander and sweet fennel plants
- Khan, N.; F. Nawaz; A. Khan; N. Haq; J.A. Shh; and M. Ali (2017). Effect of farmyard manure and rhizobium inoculation on growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety karat-03.Pure Appl., Biol. 6(1):378-384.

- Kumar, A., and Kushwaha, W.S. (2006). Response of pigeon pea to sources and levels of phosphorus under rain-fed conditions. *Indian Journal of Agronomy*,51, 60–62.
- Mitran, T., Meena, R.S., Lal, R., Layek, J., Kumar, S., and Datta, R. (2018). Role of soil phosphorus on legume production. In R.S. Meena et al. (Eds.), *Legumes for Soil Health and Sustainable Management* (pp. 487–510). Springer Nature, Singapore.
- Muhammad, I., Abubakar, A., Hamisu, A., Iliya, A., and A. Ullah (2023). The effect of different concentrations of inorganic fertilizer on vegetative growth of groundnut (*Arachis hypogea L.*). *International Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 3(2), 104–110.
- Muhmad, A (2007). Effect of Plant Density and Phosphate Fertilizer on the Growth and Productivity of the Domian Bean Variety *Vicia faba L*, *Journal of Agricultural Research and Development in Enamel* 27 (1): 135–150
- Rupela, O. P. (1987). Nodulation and nitrogen fixation in chickpea. In. Saxena, M.C ; and K.B. Singh (Eds.). *The Chickpea*. (Pp 191–206). Wallingford, Oxon, UK. (in English)
- Salama ,S.M.G.(2024). Maximizing productivity and quality of of peanut (*Arachis hypogya L.*) by proper phosphorus fertilizater level and zinc application time. *Zagazik.j., of Agric.,Res.*, 51(4):663–674.
- Salama Fares S.M.G (2024). Maximizing productivity and quality of peanut (*Arachis hypogea L.*) by proper phosphorus fertilizer level and zinc application time. *Zagazig J. Agric. Res.*,51(4): 663–674.

- Samra, B (1999). Production of vegetable crops in field and field crops, using organic fertilizer as the sole source of fertilization, Journal of Agriculture and Development, No. 4.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2006). Plant Physiology (4th ed.). Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates.
- Wally, F.L., Kyei-Boahen, S., Hnatowish, G., and G. Stevenson (2005). Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science, 85, 73–79.
- Yakubu, H., Kwari, J.D., and M.K.Sandabe (2010). Effect of phosphorus fertilizer on nitrogen fixation by some grain legume varieties in the Sudano–Sahelian zone of northeastern Nigeria. Nigerian Journal of Basic and Applied Science, 18(1):19–26.

تأثير التسميد الأرضي العضوي والمعدني في النمو الجذري والنمو الخضري

لنبات السلق

د.نجوى العفاص**

د. محمد حسين احمد*

الملخص

تم تنفيذ البحث في (ريف حمص الغربي، قرية عيصون) باستخدام نوعين من الأسمدة (الفيرمي كمبوست، NPK) إضافة للشاهد (بدون تسميد) مع دراسة الفروق المعنوية لبعض مؤشرات النمو الخضري والجذري لمحصول السلق. بعد التحليل الإحصائي لبيانات التجربة التي صممت وفق التصميم العشوائي التام بستة مكررات لكل معاملة تجريبية وذلك باستخدام برنامج Gen Stat²⁰. أظهرت النتائج تفوق معاملة التسميد العضوي فيرمي كمبوست معنوياً على معاملة التسميد المعدني بقيمة طول جذر نبات السلق وعدد الأوراق على النبات الواحد ووزن النبات (غرام)، بينما لم يكن الفرق في قطر الجذر معنوياً بين معاملي التسميد، كما تبين وجود علاقة طردية بين النمو الجذري والخضري للنبات.

الكلمات المفتاحية: السلق، التسميد العضوي، النمو الخضري، النمو الجذري.

*كلية الهندسة الزراعية_جامعة حمص- قسم العلوم الأساسية

**كلية الهندسة الزراعية_جامعة حمص- رئيس قسم العلوم الأساسية

المقدمة والدراسة المرجعية:

أدى التوسع في استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات الصناعية في الزراعة الحديثة إلى تدهور جودة المنتجات الزراعية وتراجع محتواها الغذائي، فضلاً عن تلوث التربة والمياه، مما دفع العديد من الباحثين لوصف هذا النمط الزراعي بـ "الزراعة العدوانية" (جوركان، 2020). في المقابل، تزايد الاهتمام بالزراعة العضوية كخيار مستدام وصديق للبيئة، يعتمد على مصادر طبيعية لتحسين خصوبة التربة وتعزيز إنتاجية المحاصيل دون الإضرار بالنظام البيئي

يعد نبات السلق (*Beta vulgaris* subsp. *Cicla*) من النباتات العشبية ثنائية الحول، العائلة السرمقية أو القطيفية (Amaranthaceae). يزرع السلق لأجل أوراقه وسيقانه الغنية بالعناصر الغذائية، ويتميز بجذر وتدي متعمق وساق قصيرة غير ظاهرة بوضوح، وأوراق كبيرة خضراء داكنة أو مائلة للأحمر حسب الصنف. يزرع بالبذور مباشرة في التربة (حسن، 1995)، وتعد خصائص التربة والممارسات الزراعية من العوامل الحاسمة في تحديد جودة نموه وإنتاجيته.

ويعتبر الفيرمي كمبوست من أبرز أنواع الأسمدة العضوية، وينتج من خلال تحليل المواد العضوية بواسطة ديدان الأرض (Edwards، 2010)، وخاصة دودة "الريد ويجلر". يتميز هذا السماد بغناه بالعناصر المغذية الكبرى والصغرى، واحتوائه على حمض الهيوميك، مما يسهم في تحسين بنية التربة وزيادة مقاومة النبات للأمراض (Theunissen *et al.*, 2010). وقد أظهرت دراسات عديدة تفوق الفيرمي كمبوست على الأسمدة التقليدية في تعزيز النمو الجذري والخضري لمحاصيل مختلفة مثل الخس والبندورة، وفول الصويا (Lazcano, 2009، حسن وآخرون، 2022

فقد تبين أن تسميد نبات الخس بثلاث معاملات من الأسمدة (روث الأبقار، الفيرمي كمبوست، الكمبوست) بلغ وزن نبات الخس الواحد (464،485،443) غ على التوالي (تقرير المركز الوطني للزراعة العضوية، 2020)، كما ازداد نمو وانتشار الجذور ومساحة المسطح الورقي لنبات البندورة

عند التسميد بالفيرمي كمبوست مقارنة مع التسميد بالكمبوست (Lazcano, 2009). كما أن إضافة الفيرمي كمبوست بمعدل 15 طن/هكتار أدى إلى زيادة واضحة في نمو الجذور والغلة البذرية لنبات فول الصويا بنسبة تصل إلى 50.76% مقارنة بالشاهد (حسن، 2022).

انطلاقاً من هذه المعطيات، يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير نوعي التسميد العضوي والمعدني على مؤشرات النمو الجذري والخضري لنبات السلق، وتحديد المعاملة السمادية المثلى لتحقيق أفضل إنتاجية وجودة للنبات.

أهمية ومبررات البحث:

تتباين الآراء في الأوساط الزراعية حول جدوى استخدام الأسمدة الكيميائية مقارنة بالأسمدة العضوية، إذ يعتمد بعض المزارعين بشكل مفرط على استخدام الأسمدة الكيميائية لتحقيق إنتاجية عالية، رغم ما تسببه من آثار بيئية وصحية سلبية. في المقابل، يدعو آخرون إلى تبني الأسمدة العضوية كخيار مستدام وصديق للبيئة. ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية البحث في تقديم دراسة تطبيقية ميدانية تقارن بين نوعي التسميد العضوي والمعدني، بهدف تقييم تأثير كل منهما في نمو وإنتاجية نبات السلق، وتقديم توصيات مبنية على بيانات علمية دقيقة.

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى تقييم تأثير التسميد العضوي (فيرمي كمبوست) والمعدني (NPK) في بعض مؤشرات النمو الجذري والخضري لنبات السلق، من خلال قياس (طول الجذر وقطره، عدد الأوراق في النبات الواحد، وزن النبات الكلي)، وذلك بهدف تحديد المعاملة السمادية المثلى التي تحقق أفضل نمو وإنتاجية لهذا النبات.

موقع تنفيذ البحث:

تم تنفيذ التجربة في حقل خاص بقرية عيصون تبعد حوالي 12 كم عن مدينة حمص بالاتجاه الغربي، وتمت القياسات في مخابر كلية الهندسة الزراعية جامعة حمص.

التربة المزروعة:

يبين الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة التجربة.

الجدول (1) التحليل الفيزيائي والكيميائي لتربة الموقع المدروس

PH	المادة العضوية %	البوتاس المتاح PPM	الفوسفور المتاح PPM	النتروجين المتاح PPM	قوام التربة	توزع حجم جزيئات التربة		
						طين %	سلت %	رمل %
7.2	1.99	15.09	19.00	23.03	طينية	40	21	39

من خلال الجدول نلاحظ أن التربة طينية متوسطة المحتوى بالمادة العضوية وذات تفاعل خفيفة القلوية ومتوسطة المحتوى بالعناصر المعدنية.

المعطيات المناخية السائدة في موقع التجربة:

تم التعرف على المعطيات المناخية بمنطقة البحث من أقرب محطة أرصاد جوية كما هو موضح بالجدول (2).

الجدول (2). الظروف المناخية السائدة في موقع الدراسة

الشهر	درجة الحرارة العظمى م°	درجة الحرارة الدنيا م°	الهطول (مم)
أيلول	31.19	20.48	0.01
تشرين الأول	27.80	12.98	0.01
تشرين الثاني	20.45	15.64	34
كانون الأول	11.17	7.63	119
كانون الثاني	15.79	10.60	0

شباط	12.58	9	106.7
------	-------	---	-------

المصدر: محطة الارصاد الجوية بحمص، 2024/2025م

من النظر للبيانات الواردة في الجدول (2) تبين أن المعطيات المناخية كانت موزعة بشكل متباين من حيث هطول الأمطار حيث كان الهطول أقل القيم في شهر أيلول وتشرين الأول والثاني وانعدم في كانون الثاني وكان الهطول أعلى في شهر كانون الأول ثم شباط وتركز الهطول بالغالب خلال موعد زراعة السلق.

مواد وطرائق البحث:

المادة النباتية: بذورالسلق البلدي تم الحصول عليها من المزارعين بالمنطقة التي تمت الزراعة بها.

التصميم وطريقة التنفيذ:

تم تحليل النتائج وفق التصميم العشوائي التام بست مكررات للمعاملة الواحدة وحللت النتائج احصائيا باستخدام برنامج (Gen Stat₂₀).

معاملات التجربة:

الشاهد : بدون حرثة وبدون إضافات سمادية.

التسميد العضوي: الفيرمي كمبوست بمعدل 10 طن/الهكتار أضيف قبل الزراعة مع الحرثة الأساسية بشهر .

التسميد المعدني: NPK المتوازن (20,20,20) أضيف عند ظهور الأوراق الحقيقية للنبات.

وبالتالي يكون عدد المعاملات (3) معاملة مع معاملة الشاهد ، ولكل معاملة ست مكررات علماً أن المحصول السابق هو القمح (*Triticum durum*) المسافة بين كل معاملتين وكل مكررين 1م عرض وطول القطعة التجريبية $3 \times 6 = 18$ م² ويحيط بالقطعة التجريبية ومكرراتها مسافة قدرها 2م كمنطقة حماية ومساحة التجربة المزروعة 324م²، أجريت الحراثة القلابة القرصية على عمقين (٢٥)سم بتاريخ 10/10/2024 ثم أجريت عملية التتعيم للتربة بواسطة المشط المرن وذلك قبل الزراعة، بعدها سويت أرض التجربة ثم حددت المساكب أما المسافة بين الجور 15سم وزرعت بذور السلق بتاريخ 2024/11/15 ووضع بكل جورة بذرتين بعمق 1سم، وأضيفت الأسمدة العضوية (الفيرمي كمبوست) قبل الزراعة مع الحراثة الأساسية بشهر بشكل متجانس بمعدل (10طن/هـ)أما سماد NPK المتوازن بمعدل 250كغ/هـ مع مياه الري عند ظهور الأوراق الحقيقية للنبات ثم تم الري حسب الحاجة.

المؤشرات المدروسة:

عدد الأوراق / النبات: تم حساب عدد الأوراق المكتملة النمو بالنبات الواحد لخمس نباتات من كل مكرر في المعاملة الواحدة وأخذ المتوسط لكل معاملة عند طور النضج.

وزن نبات السلق الواحد (غ): تم قلع 5نباتات من كل مكرر في المعاملة بعد غمر التربة بالماء لتسهيل استخراج الجذور دون تلف. تم وزن الجزء الخضري بعد فصل الجذور لكل نبات باستخدام ميزان دقيق وحساب المتوسط لكل معاملة. وذلك بحذر وبعد غمر التربة بالمياه لأن هذه النباتات ستستخدم أيضاً لقياس طول وقطر الجذور ثم تم فصل الجذور عنها ووزنها مباشرة وذلك بطور النضج.

طول الجذر: تم استخدام النباتات نفسها التي تم قلعها لتقدير وزن النبات (غ)، ثم تم قياس أقصى طول للجذر الرئيسي لكل نبات.

قطر الجذر (سم): تم قياس قطر الجذر عند نقطة اتصال الجذر بالساق باستخدام البياكوليس.

النتائج والمناقشة:

1- طول الجذر وقطره:

الجدول (3) تأثير نوعي الأسمدة العضوي والمعدني في طول وقطر جذر نبات السلق (سم)

المعاملة	طول الجذر (سم)	قطر الجذر (سم)
الشاهد	10.2	2.1
NPK المعدني	13	3.5
الفيرمي كمبوست العضوي	14.8	4.2
LSD0.05	1.12	0.01

طول الجذر : يوضح الجدول (3) أن جميع المعاملات السمادية أدت إلى زيادة معنوية في طول الجذر مقارنة بالشاهد. فقد سجلت معاملة التسميد العضوي بالفيرمي كمبوست أعلى قيمة (14.8 سم)، متفوقة على معاملة التسميد المعدني NPK (13.0 سم)، بينما كانت أدنى قيمة في معاملة الشاهد (10.2 سم).

قطر الجذر: من خلال التحليل الاحصائي للجدول السابق يتضح تفوق المعاملات جميعها على الشاهد، ولم يكن الفرق معنوياً بين معاملي التسميد العضوي والمعدني. فقد سجلت معاملة الفيرمي كمبوست أعلى قيمة (4.2 سم)، تلتها معاملة NPK (3.5 سم)، بينما كانت القيمة الأدنى في معاملة الشاهد (2.1 سم). يشير ذلك إلى أن نوعي التسميد يساهمان في تحسين نمو الجذور مع أفضلية نسبية للفيرمي كمبوست

يعزى التفوق إلى قدرة الفيرمي كمبوست على تحسين خواص التربة الفيزيائية، مثل زيادة المسامية وخفض الكثافة الظاهرية، مما يعزز نمو وانتشار الجذور، وهذا ما يتفق مع نتائج حسن

وآخرون (2022) ودراسة (2017) Goutam على الشوندر السكري حيث تفوقت معاملة التسميد بالفيرمي كمبوست على التسميد الكيميائي من حيث عدد وحجم وحيوية أوراق وجذور النبات.

عدد الأوراق على النبات الواحد ووزن النبات:

الجدول (4) تأثير نوعي الأسمدة العضوي والمعدني في متوسطات عدد الأوراق/انبات السلق ووزن نبات السلق (غ)

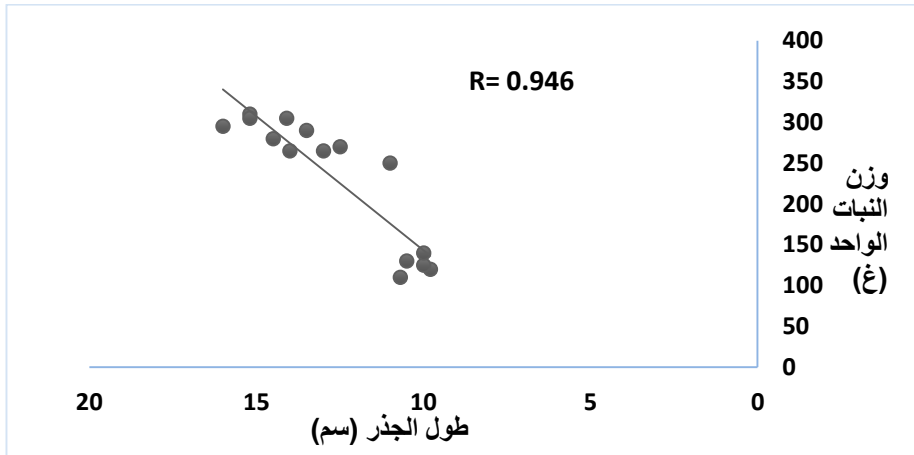
المعاملة	عدد الأوراق/النبات	وزن نبات السلق الواحد(غ)
الشاهد	15.21	125
NPK المعدني	21.12	266
الفيرمي كمبوست العضوي	23.11	301
LSD0.05	1.30	18

عدد الأوراق: يتبين من خلال الجدول (4) أن عدد الأوراق في النبات الواحد كان الأعلى في معاملة الفيرمي كمبوست (23.11 ورقة)، متفوقاً معنوياً على معاملة الـ NPK (21.12 ورقة)، في حين سجلت معاملة الشاهد أقل عدد من الأوراق في النبات الواحد (15.21 ورقة). تعكس هذه النتائج تأثير التسميد العضوي في تعزيز النمو الخضري، نتيجة لتحسين الامتصاص الجذري للعناصر الغذائية.

وزن النبات السلق الواحد (غ): نلاحظ من الجدول (4) تفوق جميع المعاملات على الشاهد تفوقاً معنوياً أما بالنسبة للقيمة الأعلى لوزن النبات كانت في المعاملة العضوية (M) الفيرمي

كمبوست حيث بلغت (301 غ) متفوقة معنوياً على المعاملة الكيميائية للتسميد (NPK) التي بلغ وزن النبات فيها (266 غ).

يتبين مما سبق أن استخدام السماد العضوي الفيرمي كمبوست أعطى أعلى القيم من حيث عدد الأوراق/النبات ووزن النبات الواحد ويمكن تفسير ذلك حيث حققت نفس المعاملة الطول والقطر الأكبر للجذر، مما يعني أن تحسين النمو الجذري يؤدي إلى زيادة في النمو الخضري والإنتاجية (Lynch 1995) وهذا يفسر تأثير دعم النمو الجذري وانعكاسه على ازدياد عدد الأوراق وعدد الأوراق/النبات وبالتالي زياده وزن النبات ، وهذا يتفق مع دراسة (Amal,2020) حيث أدى استخدام شاي الفيرمي كمبوست مع الفيرمي كمبوست في تسميد نبات الباذنجان إلى زيادة عدد الأوراق ومساحة المسطح الورقي وارتفاع النبات وعدد الثمار وقطر الثمرة زيادة معنوية بالمقارنة مع السماد الكيميائي NPK. وهذا يدعم بدوره العلاقة الطردية القوية ($R=0.946$) بين النمو الجذري والخضري في نبات السلق عند التسميد العضوي والمعدني (الشكل 2).



الشكل (2): يبين العلاقة الطردية بين وزن النبات الواحد وطول الجذور

الاستنتاجات:

1- تفوقت معاملة التسميد العضوي فيرمي كمبوست معنوياً على معاملة التسميد المعدني من حيث طول الجذر، عدد الأوراق ووزن النبات، مما يدل على فعالية السماد العضوي في تعزيز النمو الكلي لنبات السلق.

2- لم يسجل فرق معنوي بين التسميد العضوي والمعدني في قطر الجذر، إلا أن كلاهما تفوق معنوياً على معاملة الشاهد، مما يشير إلى أن التسميد بغض النظر عن نوعه يساهم في تحسين النمو الجذري.

3_ تبين وجود علاقة طردية بين النمو الجذري والخضري لنبات السلق عند التسميد العضوي والمعدني، حيث انعكس تحسن نمو الجذر إيجاباً على عدد الأوراق ووزن النبات، مما يعزز أهمية التوازن الغذائي في التربة.

4- أثبتت معاملة الفيرمي كمبوست فعاليتها في تحسين مؤشرات النمو المدروسة، مما يجعلها خياراً واعداً في الزراعة العضوية المستدامة لمحصول السلق.

المقترحات:

استناداً إلى النتائج السابقة، يقترح مايلي:

اعتماد التسميد العضوي بالفيرمي كمبوست بمعدل 10 طن/هكتار قبل الزراعة بشهر لتحسين النمو الجذري والخضري لنبات السلق.

Effect of Organic and Mineral Soil Fertilization on Root and Vegetative Growth of Swiss Chard

Abstract

The research has been carried out in Homs (Rural Homs, Aysoun village) Governorate using different types of fertilizers (vermicompost, NPK) in addition to a control (without fertilization). We studied the significant differences in some vegetative and root growth indicators of Swiss chard. After statistical analyzing the experimental data, which were designed according to a completely randomized design with ~~three~~ six replicates for each experimental treatment, using the Gen Stat₂₀ program. The results showed that the organic fertilization treatment with vermicompost showed significant superiority over the mineral fertilization treatment in terms of Swiss chard root length, number of leaves per plant, and plant weight (grams). While, for root diameter, the difference between mineral and organic fertilization was insignificant, and a direct relationship was found between root and vegetative growth of the plant.

Keywords: Swiss chard, organic fertilizer, vegetative growth, root growth

المراجع العلمية:

1. التقرير الفني للمركز الوطني للزراعة العضوية في السعودية لعام 2019_2020 م، 31ص
2. جوركان آق جونش، (2020). الحياة العضوية حياة صحية. مجموعة النيل العربية للنشر، القاهرة.
3. حسن ، أحمد عبد المنعم، ١٩٩٥، كتاب انتاج محاصيل الخضر الجزء النظري_الدار العربية للنشر، القاهرة، 712ص.
4. حسن، اياس علي ، العبدو، عبد الاله، خزام، بشرى، 2022، تأثير إضافة الفيومي كمبوست على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المزروعة بفول الصويا، منشورات مجلة جامعة حمص، المجلد 44 العدد 15.

المراجع الأجنبية:

- 1-Amal K. Abou El- Goud, 2020, Efficiency Response of Vermicompost and Vermitea Levels on Growth and Yield of Eggplant (Solanum melongena, L.),ALEXANDRIA SCIENCE EXCHANGE JOURNAL, VOL. 41, NO.1. JANUARY- MARCH
- 2-Edwards Clive A., Arancon Norman Q., Sherman Rhonda L., 2010, CRC Press, Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste, and Environmental Management187p.

- 3-Goutam BhaktaRukminipur Kanailal Vidyapith, Purba Medinipur, 2017, Effect of Vermicompost and Chemical Fertilizer on Growth Parameters of Beta vulgaris L ,IJSRST , | Volume 3 | Issue 6
- 4-Lazcano, C., J. Arnold, A. Tato, J.G. Zaller, and Domín- guez, J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components : Effects on tomato plant growth and morphology. Spanish Journal of Agricultural Research, 7: 944-951
- 5-Lynch, J.P. (1995). Plant Physiology and plant productivity, 109(1), 7-13.
- 6-Theunissen, J., Ndakidemi, P.A., Laubscher ,C.P. (2010). 'Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production,' International Journal of the Physical Sciences, 5(13).