تأثير استخدام الآزولا في بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للتربة في ظروف محافظة حمص

د. صفاء قاسم*

ملخص

أجري هذا البحث في قرية الجابرية(شمال شرقي محافظة حمص) في العام 2022، لتقييم تأثير استخدام الآزولا مفرداً أو بعد خلطه بسماد اليوريا بثلاث معدلات 25%و50%و 75% ومعاملة تسميد معدني وأخرى شاهد بدون تسميد. بهدف دراسة تأثير استخدام الآزولا في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة والمحتوى من العناصر المغذية(N,P,K).

أظهرت النتائج أن إضافة الآزولا أثرت إيجاباً على بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة بتناسب طردي مع كمية المادة المضافة، وتفوقت معاملة الآزولا بدون خلط **A100**معنوياً بتأثيرها في درجة التحبب ونسبة التفكك والكثافة الحقيقية والظاهرية والمسامية الكلية للتربة.

أدت إضافة الآزولا مفرداً أو بعد خلطه بسماد اليوريا إلى انخفاض في درجة تفاعل التربة، وانخفاض قيمة الناقلية الكهربائية للتربة، و كانت معاملة الآزولا مفرداً بدون خلط **A100** هي الأفضل في تأثيرها على محتوى التربة من المادة العضوية بينما المعاملة **A50** كانت الأكثر تأثيراً في زيادة المحتوى القابل للإفادة من العناصر المغذية(N,P,K).

كلمات مفتاحية: الآزولا، اليوريا، العناصر المغذية N,P,K في التربة، الخصائص الفيزيائية للتربة.

* قسم التربة واستصلاح الأراضي– كلية الهندسة الزراعية– جامعة حمص

The Effect of Using Azolla on Some Physical and Chemical Properties in The Soil in Homs Governorate

***Dr. Saffa'a Kassem**

Abstract

This research was conducted in 2022c, in Jabriya (North East of Homs Governorate) to evaluate the effect of Azolla alone and in combination with urea fertilizer at three levels (25%, 50%, 75%). The objective of this research is study the effect of Azolla on some physical and chemical properties in the soil and it,s content of elements (N,P,K).

The results showed that the addition of Azolla positively affected the some physical and chemical properties of the soil, in line with the rate of addition. Treatment of Azolla without mixing (A100) was superior in its effect on soil state of granulation, the degree of granulation, apparent and real density permeability, apparent and real density.

The addition of Azolla after mixing it with the Urea and without mixing resulted in decrease in the pH of soil. The value of the electrical conductivity of soil decreased with the addition of Azolla, Treatment of Azolla without mixing (A100) was best in increasing the soil content of organic matter, whereas A50 treatment resulted in the highest increase in available N, P and K.

Key words

Azolla, urea fertilizer, soil fertility، NPK, soil physical properties.

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

1- المقدمة:

يُعَد القمح مِن أهم المَحَاصِيل الاستراتيجية نَظَراً لأهميَّتهِ الغِذَائيَّة الكَبِيرَة كَونِه يُشَكّل مَصدراً غِذَائيّاً لِمَا يَزِيد عن 35% مِن سكَّان العَالم وخَاصَّة في البلدان النّامية[15]، ويُغَطّي 20% من السّعرات الحرَارِيَّة والبرُوتِين في الغِذَاء البشريّ[20]، كَمَا تختلف أصناف القمح فيما بينها بمحتوى البرُوتِين مِمَّا يَجعلَهَا مُنَاسِبة للاستخدَامَات المُتَعدِّدَة[2]. تَأتِي أَهميّة القمح كَونِه أهَم مَحصُول غِذَائِي في العَالَم، وهو مِن أكثَر مَحَاصِيل الحُبوب إنتاجا وجودة [6]، حيثُ وصَلَت المَسَاحة المَزرُوعَة عَالميَّاً عام 2019 إلى 216 مليون هكتار، أَنتَجَتْ 765 مليون طن[17] وينمُو القمح ابتداءً مِن خَط عرض 60° شمالاً حتّى خَط عرض 40° جُنوباً مرُوراً بخَط الاستِوَاء وفي مَنَاطِق تَختَلِف بشكل كبير في الارتفاع ابتداءً مِن بضعة أمتار فوق مِستوى سَطح البَحر حتّى ارتفاع 3000 متر[54]. أما في سورية فبلغت المساحة المزروعة لعام 2020 نحو 1.35 مليون هيكتار، أنتجت 2.85 مليون طن، بمردود 2109 كغ/هـ [7].

إن الزراعة المستدامة ذات الإنتاجية العالية من حيث إنتاجية الحبوب ضرورية لتقليل تهديدات الجوع وزيادة الأمن الغذائي مع الحفاظ على الموارد البيئية[46]. يتطلب الاستخدام الفعال للأسمدة الكيميائية الزراعية أساليب زراعية مكثفة لتوفير كميات كافية ومتوازنة من العناصر الغذائية الأساسية في ظل أدنى معدلات ممكنة لاستخدام الأسمدة الكيميائية حيث يمكن أن يؤدي استخدام الأسمدة الكيميائية في الزراعة على المدى الطويل إلى التأثير على درجة تفاعل التربة، وتقليل محتواها من المادة العضوية، مما يؤدي إلى اختلال توازن العناصر المغذية[48]، وزيادة تراكم الأملاح فيها[8] وتقليل قدرة تبادل الكاتيونات في التربة[35]. والتي يمكن أن تؤدي إلى نقص النيتروجين [46]. في حين يؤدي استخدام الأسمدة العضوية لتحسين بنية التربة وتعزيز إعادة تدوير المغذيات، وتوفير الطاقة مقارنة باستخدام الأسمدة الكيميائية [22,14,47,45,50].

يمكن أن يكون تطبيق المحسنات العضوية في التربة بدائل مثالية للأسمدة الكيميائية من أجل تعزيز إنتاجية المحاصيل وتحسين خصوبة التربة على المدى الطويل[49]، وتعدّ طريقة فعالة في تعزيز المادة العضوية في التربة، وتعزيز اكتساب النباتات للعناصر الغذائية وتعزيز النشاط الميكروبي للتربة، وبالتالي تعديل خصائص التربة وتعزيز إنتاج المحاصيل[57,42,28,37]. وقد تطرقت الدراسات الحديثة إلى العديد من هذه البدائل ومنها الآزولا.

الآزولا (Azolla filiculoides) عبارة عن سرخس مائي صغير يمكن العثور عليه في المستنقعات والبرك والبحيرات حيث تكون المياه غير مضطربة، يمكنها تثبيت النيتروجين في الغلاف الجوي عن طريق حياتها تكافلية مع البكتيريا الزرقاء(أيAnabaena azollae) الموجودة في الفصوص الظهرية لأوراقها[53]، اسم أزولا مشتق من الكلمة اليونانية آزو (لتجف) وأليو (لقتل) مما يعني أن النبات يموت عندما يجف. الجنس أزولا التي أنشأها Lamark في وقت مبكر من عام 1783[55]، وضعها علماء التصنيف الآن في عائلة أحادية النمط Azollaceae [31] وهناك سبعة أو ثمانية أنواع موجودة وأكثر من أربعين نوعاً أحفورياً من الآزولا معروفة[,18]. يتم تصنيف الجنس أيضاً إلى جنسين فرعيين Euazolla و [55] Rhizosperma. الآزولا كسرخس عائم حر ثنائي التفرع متوفر بشكل طبيعي في التربة، يكون عادة شكل الأنواع الهندية مثلثاً يبلغ طوله حوالي 1.5 إلى 3.0 سم وعرضه من 1 إلى 2 سم، السعف لها جذور صغيرة [43] وجذع قصير متفرع يسمى جذمور مغطى بأوراق متداخلة صغيرة[39]، وتنقسم كل ورقة إلى فص ظهري وبطني، الفص البطني رقيق عديم اللون تقريبا والنصف البعيد سميك. تحتوي شحمة الورقة الظهرية الهوائية على أنسجة البشرة متعددة الطبقات، والعديد من الثغور والحليمات أحادية الخلية. يوجد في شحمة الورقة الظهرية تجويف بيضاوي الشكل يتكون من انحناء البشرة المحورية، التجويف المملوء إلى حد كبير بالغازات ومبطن بالصمغ[32]، ويحتوي على Cyanobiont Anabaena azollae [40] وبكتيريا موجبة الغرام غير مثبتة للنيتروجينArthrobacter species [21,19].

تتمتع الآزولا باستخدامات فريدة كمواد خام خضراء وكسماد بسبب محتواها من النيتروجين الذي يمكن أن يعزز إنتاجية المحاصيل[26,60]. يعدّ استخدام سماد الآزولا في الزراعة ممارسة صديقة للبيئة نتيجة لتأثيره في تقليل انبعاث غاز الميثان وتقليل ظاهرة الاحتباس الحراري[11]، كما أن استخدام الآزولا كمصدر للعناصر الغذائية في الزراعة يمكن أن يوفر مصادر الطاقة غير المتجددة من أجل إنتاج أكثر استدامة.

يمكن استخدام أزولا كسماد أخضر في زراعة الخيزران المائي ورأس السهم والقلقاس والقمح والأرز[58,56,34]. كما أنه مفيد للقمح عند تطبيقه في نظام زراعة الأرز والقمح ضمن دورة زراعية[30] . تشير الدراسات أن تطبيق الآزولا كان له تأثير متبقي مفيد على محاصيل القمح اللاحقة، مما أدى إلى زيادة محصول الحبوب بنسبة [33,51,13] %(69-56). تملك الآزولا آثار مفيدة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة حيث تزيد وتحسن خصوبة التربة عن طريق زيادة النيتروجين، والكربون العضوي والفوسفور المتاح في التربة، كما أدى استخدام الآزولا كسماد أخضر في التربة إلى تمعدن سريع مع إطلاق 60–80 ٪ من الأزوت خلال أسبوعين[23,52].

زاد استخدام الآزولا في التربة من قدرتها على الاحتفاظ بالمياه بشكل كبير و حسّن بنية التربة[58]، كما ازدادت نسبة الكربون العضوي، والأزوت(الأمونيوم، ونترات) والفوسفور المتاح، والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم، في حين أنه خفّض من درجة تفاعل التربة والكثافة الظاهرية، وأدى هذا الاستخدام إلى زيادة إنتاجية النبات[41]. وعلى الرغم من أن الآزولا حساسة نسبيا للملح، إلا أن الزراعة في البيئة المالحة لمدة عامين متتاليين خفضت محتوى التربة من الأملاح كما قللت من الموصلية الكهربائية، ودرجة تفاعل التربة في التربة الحمضية وزيادة محتوى الكالسيوم في التربة[9].

تملك الآزولا قدرة ملحوظة على استخلاص بعض العناصر كالنحاس، الكادميوم، الكروم، النيكل، الرصاص والمواد المغذية مباشرة من التربة الملوثة أو مياه الصرف الصحي[10] ، وجد

أن ثلاثة أنواع من الآزولا أمكنها امتصاص وخفض تركيز الكروم [16].

تستخدم الآزولا في المعالجة الحيوية للمياه حيث يمكن إزالة بعض المعادن الثقيلة و الحديد والنحاس من المياه الملوثة عن طريق تمريرها عبر الأحواض ويمكن إعادة استخدامها لأغراض الزراعة [25].

يمكن أن ندعو الآزولا "منجم ذهب أخضر" لما تمتلكه من دور في الحفاظ على البيئة وكذلك الزراعة المستدامة ويمكن استبدالها بالأسمدة غير العضوية والاستخدامات المهمة الأخرى [59].

2- مبررات وأهداف البحث:

يعتبر استخدام الآزولا كسماد أخضر في الزراعة ممارسة صديقة للبيئة نتيجة لتأثيره الجيد على خواص التربة ومصدر للعناصر الغذائية للنبات. تعد الدراسات المتعلقة بتأثير الآزولا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ذات أهمية علمية وعملية تستخدم في تقييم إمكانية استخدامها كبديل للأسمدة الكيميائية. من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة تأثير إضافة الآزولا مفرداً أو مخلوطاً بسماد اليوريا في:

1- بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

2- المحتوى من بعض العناصر المغذية.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- الموقع:

نفذت هذه الدراسة في قرية الجابرية في مدينة حمص، تقع القرية شمال شرقي مدينة حمص في ناحية عين النسر، ويبعد عن مركز المدينة حوالي 18 كم. على خط طول 36.855 وخط عرض34.799، تقع ضمن منطقة الاستقرار الثالثة.

يبين الجدول رقم (1) و رقم (2) بعض الخصائص الأساسية للتربة قبل الزراعة.

جدول رقم (1) : بعض الخصائص الفيزيائية للتربة قبل الزراعة:

الخصائص الفيزيائية للتربة قبل الزراعة				
العمق (سم)	%			القوام (Texture)
	Sand	Silt	Clay	
	35	20.5	44.5	طيني

جدول (2): بعض الخصائص الكيمائية والخصوبية للتربة قبل الزراعة

N %	K PPm	P PPm	كلس فعال %	$CaCO_3$ %	OM %	EC µS/cm	PH
0.13	699	11.5	9.51	37.5	3.1	140	8.3

تظهر نتائج التحليل الميكانيكي أن التربة ذات قوام طيني تتركب من 44.5% طين و20.5% سلت و35% رمل، ودرجة pH التربة متوسط القاعدية، وذات محتوى عالي من كربونات الكالسيوم، أما بالنسبة للناقلية الكهربائية EC فكانت منخفضة ، وجيدة المحتوى من المادة العضوية(3.1%)، وأيضاً يظهر التحليل أن التربة متوسطة المحتوى من الآزوت الكلي والفوسفور القابل للإفادة.

3- 2- تحضير وتحليل الآزولا:

تم جمع الآزولا (Azolla filiculoides) من إحدى المزارع في قرية الجابرية حيث يتم تنمية وإكثار الآزولا في أحواض خاصة لأغراض مختلفة منها تغذية الحيوانات في المزرعة واستخدامها في التسميد، ثم غسلها جيدًا باستخدام الماء المقطر، وتجفيفها في فرن عند درجة حرارة 55 درجة مئوية حتى يستقر محتوى الرطوبة عند حوالي 50%. تمّ سحق المواد الخام الناتجة ثم تمريرها عبر منخل بقطر 2 ملم. تم خلطها وتوزيعها مع التربة بشكل متجانس قبل الزراعة بـ 15 يوماً، على عمق 10-0 سم.

يعرض الجدول (3) التحليل الكيميائي لسماد الآزولا المستخدم في التجربة .

الجدول (3) الخصائص الكيميائية الأساسية للأزولا المستخدمة في البحث:

	pH 1:10	EC 1:10	آزوت كلي N	فوسفور كلي	بوتاسيوم كلي	مادة عضوية OM	كربون عضوي OC	C/N
		ds/m	%(على اساس الوزن الجاف)					
الآزولا	7.2	1.01	3.14	0.99	1.61	60.30	34.98	11.14

يلاحظ من الجدول(3) أن الآزولا حققت قيمة pH معتدلة (7.2) وهذه القيم تقع ضمن المجال الحيوي المثالي لنشاط الأحياء الدقيقة المفيدة. وتمتعت الآزولا المستخدمة بدرجة ملوحة منخفضة (1.01)، أما نسبة C/N فقد كانت منخفضة وكانت النسبة اقل من 20:1. كما لوحظ أن نسبة الفوسفور والبوتاسيوم كانت جيدة، إضافة لذلك نلاحظ أن نسبة المادة العضوية كانت جيدة وكانت نسبة الكربون العضوي (34.98%).

3 -4- المعاملات المستخدمة:

المعاملة الأولى: الشاهد بدون اي اضافة للتربة يرمز لها بـ (O).

المعاملة الثانية: معاملة التسميد المعدني فقط حسب التوصية السمادية لمحصول القمح من قبل وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي يرمز لها بـ **(M)**.

المعاملة الثالثة: يرمز لها بـ**(A25)** (25% أزولا +75% سماد يوريا)

المعاملة الرابعة: يرمز لها بـ**(A50)** (50% أزولا + 50% سماد اليوريا).

المعاملة الخامسة: يرمز لها بـ**(A75)** (75% أزولا + 25% سماد اليوريا).

المعاملة السادسة: يرمز لها بـ**(A100)** معاملة تسميد أزولا فقط بدون سماد اليوريا.

3-5-تنفيذ التجربة:

المَادَّة النّباتيَّة: تمّ استخدام صنف القمح القاسِي (Cham 7) Triticum durum والذي تمّ تأمينه مِن المُؤسَّسة العَامّة لإكثَار البِذَار(حمص). هو صنف قاس اعتمد للزراعة 2004 متوسط طول النبات 90 سم، لون السنبلة كريمي غامق، وشكلها هرمي، متوسط طولها (6-7) سم، لون الحبوب عنبري، شكلها نصف متطاول، لون السفا أسود.

طَرِيقة الزّرَاعَة: زُرعَت الحُبوب في أُصُص كبيرة الحَجم، قطرها 50cm، مِن خِلَال وضع (15) حبَّة في كل أَصِيص، وبعمق زراعة 4 سم، وتمَّ إضافة الأسمدة بناءً على تحليل التربة، وذلك بإضافة كامل الأسمدة الفوسفاتيَّة (4 وحدات/دونم) مع كمية الأسمدة الآزوتيَّة (5 وحداتN/ دونم) نصفها قبل الزَّراعة، أما بقيّة الأسمدة الآزوتيّة فأضيفت عند بداية مرحلة الإشطاء، علماً أنه لم يتم استخدام أي نوع من المبيدات لعدم ظهور آفات حشرية.

3-6-تصميم التجربة:

تم تصميم التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة كما يلي (شكل 1):

Q	A50	A75	A100	A25	M
M	Q	A100	A75	A50	A25
A25	A75	M	Q	A100	A50

شكل (1)، مخطط التجربة

بلغ عدد المكررات لكل معاملة ثلاث مكررات، وبالتالي عدد القطع التجريبية مساويا لـ 18قطعة تم توزيعها وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة.

3-5- تحاليل التربة:

تم أخذ عينات التربة قبل التجربة من عمق(0−20) cm، وفي نهاية الموسم وأجريت عليها التحاليل التالية[5]:

- التحليل الميكانيكي والحبيبي بطريقة الهيدرومتر [20].
- الكثافة الظاهرية (وزن وحدة الحجم من التربة الجافة) بطريقة الأسطوانة والكثافة الحقيقية باستخدام البكنومتر [12].
- المسامية عن طريق العلاقة بين الكثافتين الظاهرية والحقيقية:

$$\% \text{ Porosity} = (1- \rho_B / \rho_S) * 100$$

- EC،pH باستخدام جهازي pH meter، EC meter.
- المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة ومعايرة الفائض بكبريتات الحديدوز [24].
- الفوسفور القابل للإفادة باستخدام طريقة أولسن [38].
- الآزوت الكلي بطريقة كلداهل [29].
- البوتاسيوم القابل للإفادة باستخدام جهاز اللهب Flam photometer[5].

3-6- الدراسة الإحصائية:

تم تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائياً باستخدام برنامج الـANOVA، وَ حساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى دلالة قدره5% .

4- النتائج والمناقشة:

كان لإضافة الآزولا مفرداً أو مخلوطاً مع سماد اليوريا تأثير متباين على مجمل الخواص الكيميائية والفيزيائية المدروسة للتربة الزراعية حيث تبين النتائج الآتي:

4-1- التحليل الحبيبي للتربة :

يبين الجدول (4) تأثير المعاملات المستخدمة في حالة التحبب ودرجة التحبب ونسبة التفكك لترب المعاملات.

الجدول (4)، تأثير المعاملات المستخدمة في بعض الخصائص الأساسية للتربة: *

المعاملة	حالة التحبب%	درجة التحبب %	نسبة التفكك %
O	$^{e}25$	$^{f}41.66$	$^{a}61.53$
M	$^{e}26$	$^{e}42.62$	$^{b}60$
A25	$^{d}28$	$^{d}44.44$	$^{c}56.92$
A50	$^{c}30$	$^{c}46.15$	$^{d}53.84$
A75	$^{b}34$	$^{b}49.27$	$^{e}47.69$
A100	$^{a}36$	$^{a}50.70$	$^{f}44.61$
LSD (0.05)	1.485	0.99	2.099

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

تبين النتائج في الجدول (4) أن حالة التحبب قد ازدادت معنوياً نتيجة إضافة معاملات الآزولا جميعها على معاملة الشاهد O ومعاملة التسميد المعدني M. وكان لاستخدام الآزولا سواء مفرداً أو بعد خلطه مع سماد اليوريا تأثيراً واضحاً في رفع حالة التحبب للتربة، بينما كانت إضافة الآزولا في المعاملة A25 المستوى الأول الأقل تأثيراً في حالة تحبب التربة لكنها حققت فروقاً معنوية مع معاملة الشاهد ومعاملة التسميد المعدني.

توضح النتائج في الجدول (4) ازدياد درجة تحبب التربة عند إضافة معاملات الآزولا بشكل معنوي بالمقارنة مع معاملة التسميد المعدني ومعاملة الشاهد. حققت إضافة الآزولا مفرداً أعلى نسبة زيادة في درجة تحبب التربة، ثم تلتها معاملات الآزولا (A75, A50, A25). وهذه النتائج تتفق مع الدراسات التي تشير إلى أهمية استخدام الآزولا كمحسن لبناء التربة [58].

أدت إضافة معاملات الآزولا إلى انخفاض نسبة تفكك التربة وكان الانخفاض معنوياً عند جميع مستويات المعاملات مقارنة بالشاهد ومعاملة التسميد المعدني (الجدول، 4) وكانت إضافة

الآزولا مفرداً A100 الأفضل في خفض نسبة التفكك للتربة، ويعود السبب إلى الدور الجيد الذي تلعبه الآزولا في زيادة محتوى التربة من المادة العضوية.

4-2- كثافة التربة ومساميتها:

يبين الجدول (5) تأثير المعاملات المستخدمة في كثافة التربة الظاهرية والحقيقية والمسامية لترب المعاملات.

الجدول (5)، تأثير المعاملات المستخدمة في كثافة التربة الظاهرية والحقيقية والمسامية لترب المعاملات.: *

المعاملة	الكثافة الحقيقية (غ/سم^3)	الكثافة الظاهرية (غ/سم^3)	المسامية الكلية %
O	^{b}2.43	^{a}1.24	^{f}48.97
M	^{a}2.44	^{b}1.22	^{e}50
A25	^{c}2.41	^{c}1.19	^{d}50.62
A50	^{d}2.37	^{d}1.16	^{c}51.05
A75	^{e}2.31	^{e}1.11	^{b}52.38
A100	^{f}2.29	^{f}1.09	^{a}52.4
LSD (0.05)	0.00939	0.007427	0.01485

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

يبين الجدول (5) أن قيمة الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت عند إضافة معاملات الآزولا وكان هذا الانخفاض معنوياً عند جميع معاملات الآزولا مقارنةً مع معاملة التسميد المعدنيM والشاهدO ، حيث كانت إضافة الآزولا مفرداً A100 الأفضل في خفض قيمة الكثافة الظاهرية. وهذا ما أشارت عليه الدراسات السابقة بأن استخدام الآزولا يمكن أن يقلل من الكثافة الظاهرية للتربة[41].

كما أدت إضافة معاملات الآزولا إلى انخفاض قيمة الكثافة الحقيقة للتربة، وحققت جميع معاملات الآزولا تفوقاً معنوياً على الشاهد ومعاملة التسميد المعدني، وتبين أن انخفاض الكثافة متناسب طرداً مع زيادة الكمية المضافة من الآزولا. يعزى هذا التأثير إلى الأثر المخفف الناتج عن خلط المحسنات ذات الكثافة المنخفضة مع الطور المعدني للتربة ذي الكثافة الأعلى[4].

نجد من الجدول (5) أيضاً أن إضافة معاملات الآزولا أدت إلى زيادة المسامية الكلية للتربة وكانت هذه الزيادة معنوية عند إضافة الآزولا مفردة أو مخلوطة مع سماد اليوريا مقارنة مع

معاملة التسميد المعدني والشاهد. كما كانت إضافة الآزولا مفرداً A100 الأفضل في زيادة المسامية الكلية للتربة.

يمكن تفسير هذه الزيادة في المسامية الكلية للتربة بأن إضافة معاملات الآزولا ساهمت في رفع محتوى التربة من المادة العضوية وبالتالي زيادة تجميع الحبيبات مع زيادة نسبة المسام الكبيرة بين التجمعات الترابية Macro pores مقارنة مع المسام الصغيرة بين الحبيبات Micro pores وهذا يتوافق مع عدة دراسات تشير إلى أهمية الآزولا في تحسين مسامية التربة [58].

4-3- درجة تفاعل التربة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية:

يبين الجدول (6) انخفاض درجة تفاعل التربة pH عند إضافة الآزولا وبفروق معنوية بين جميع معاملات الآزولا والشاهد والتسميد المعدني، يمكن أن يعود سبب انخفاض pH التربة عند إضافة معاملات الآزولا إلى انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون جراء تحلل المادة العضوية وتفاعله مع الماء مكوناً حامض الكربونيك مما يؤدي إلى انخفاض درجة تفاعل التربة[3]. وهذا يتفق مع الدراسات التي بينت أن استخدام الآزولا خفّض درجة تفاعل التربة[9,41].

انخفضت قيمة الناقلية الكهربائية (EC) للتربة المدروسة وكان هذا الانخفاض معنوياً عند كل مستويات إضافة الآزولا مقارنة بالشاهد ومعاملة التسميد المعدني الجدول رقم (6)، وكان الانخفاض يتناسب طرداً مع زيادة مستوى الإضافة، حيث وكانت إضافة الآزولا مفرداً A100 الأفضل والأكثر تأثيراً من باقي معاملات، بفروق معنوية مع الشاهد ومعاملة التسميد المعدني في خفض قيمة الناقلية الكهربائية لمستخلص التربة(EC).

الجدول (6)، تأثير المعاملات المستخدمة في بعض الخصائص الأساسية للتربة: *

المعاملة	pH 1:2.5	EC dS/m	مادة عضوية%
O	^{b}8.3	^{b}140	^{e}3.1
M	^{a}8.31	^{a}143	^{f}3.080
A25	^{c}8.29	^{c}137	^{d}3.2
A50	^{d}8.27	^{d}131	^{c}3.53
A75	^{e}8.25	^{e}125	^{b}3.89

A100	^{f}8.23	^{f}120	^{a}3.99
LSD (0.05)	0.004288	0.7427	0.00939

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

ازداد محتوى التربة من المادة العضوية نتيجة الإضافات العضوية من الآزولا وكانت الزيادة متناسبة طرداً مع الكمية المضافة من الآزولا الجدول (6)، وكانت أعلى نسبة من المادة العضوية عند معاملة الآزولا **A100** (3.99)% أما معاملة الآزولا المستوى الأولA25 كانت الأقل تأثيراً في رفع محتوى التربة من المادة العضوية لكنها حققت فرقاً معنوياً مقارنةً مع معاملة التسميد المعدني والشاهد. وهذا يتوافق مع عدة دراسات سابقة في أهمية إضافة الآزولا في رفع محتوى التربة من المادة العضوية[23,52].

4-4- المحتوى من العناصر المغذية الكبرى:

توضح النتائج في الجدول (7) أن معاملة التسميد المعدني ومعاملة الآزولا A50 وA25 حققت ارتفاعاً معنوياً في نسبة الآزوت الكلي بالمقارنة مع باقي المعاملات، ففي المعاملات المتوازنة A25، A50 يجتمع مصدران للنيتروجين: اليوريا سريع الإتاحة، وآزوت الآزولا البطيء والمتدرج، مما يؤدي إلى إمداد أكثر استقراراً للنيتروجين في التربة، وهو ما يفسر التفوق المعنوي لهذه المعاملات، يمكن ترتيب المعاملات حسب محتواها من الآزوت وتفوقها بشكل معنوي على باقي المعاملات حسب مايلي:

O < A100 < A75 < M < A25< A50

قد تعزى هذه الزيادة في محتوى التربة من الآزوت بازدياد مستوى الإضافة إلى تحلل وتمعدن المادة العضوية بواسطة الأحياء الدقيقة التي ساهمت في العمليات الحيوية التي تدخل في دورة الآزوت وخصوصاً عمليتي النشدرة والتآزت[1]. وهذه النتيجة متفقة مع الدراسات السابقة [23,52].

الجدول (7)، تأثير المعاملات المستخدمة في المحتوى من العناصر المغذية الكبرى: *

المعاملة	N%	مغ/ كغP	مغ/ كغK
O	^{d}0.11	^{f}11	^{f}693
M	^{b}0.27	^{c}15.90	^{c}732
A25	^{ab}0.28	^{b}16.10	^{b}733
A50	^{a}0.31	^{a}16.50	^{a}739
A75	^{c}0.19	^{e}13.80	^{e}710

A100	^{c}0.18	^{d}15.30	^{d}725
LSD (0.05)	0.03859	0.0939	0.939

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

ازداد محتوى التربة من الفوسفور المتاح وكانت هذه الزيادة معنوية عند كل مستويات المعاملات مقارنة بالشاهد، وقد تفوقت معاملة إضافة الآزولا بنسبة 50% و25% على باقي المعاملات. وتعزى زيادة محتوى التربة من الفوسفور المتاح نتيجة إضافة الآزولا لاحتواء معاملات الآزولا على فوسفور في صورة عضوية جاهزة نسبيًا للتحرر مع التحلل، مما يرفع مخزون الفوسفور المتاح في التربة مقارنة بالشاهد والتسميد المعدني فقط، فضلاً عن التأثيرات غير المباشرة للمواد العضوية في تخفيض قيم الـpH حيث تعمل بعض الكائنات الحية الدقيقة عند قيامها بتفكيك المادة العضوية بإفراز أحماض عضوية كما تقوم بعض البكتيريا بإذابة الفوسفور المعدني غير الذواب [1] ا.هذا يتوافق مع عدة دراسات سابقة في أهمية إضافة االآزولا لرفع محتوى التربة من الفوسفور المتاح[23,52].

تبين نتائج الجدول (7) زيادة محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح مع إضافة الآزولا ، حيث يوجد البوتاسيوم في الأزولا بصورة قابلة للتحرر السريع نسبيًا مع تحلل الأنسجة النباتية، لذا تؤدي إضافة كميات معتدلة من الأزولا إلى زيادة البوتاسيوم المتاح في محلول التربة مقارنة بالشاهد ومعاملة السماد المعدني وحده، وتحسّن المادة العضوية بنية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالعناصر، كما أن الأحماض العضوية المعقدة لبعض الكاتيونات قد تسهم في تبادل البوتاسيوم من معقد الإدمصاص إلى المحلول، مما يفسر تفوق A25 وA50 في رفع البوتاسيوم المتاح في التربة.

يمكن ترتيب المعاملات المستخدمة في رفع محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح حسب ما يلي:

O < A100 < A75 < M < A25< A50

يلاحظ مما سبق الجدول (7) أنه عند النسب العالية جدًا من الأزولا A75، A100 قد يزداد C/N النسبي أو يزداد استهلاك الأحياء الدقيقة للآزوت أثناء التحلل في مراحل معينة، فيحدث نوع من التثبيت المؤقت للنيتروجين أو عدم كفاءة في إطلاق العناصر بالمقارنة مع النسب المتوازنة التي تجمع بين السماد المعدني والعضوي. بينما تحقق النسب المتوسطة توازناً بين سرعة توفر العناصر من السماد المعدني واستدامة الإمداد من التحلل العضوي، مع تحسين

واضح لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية (التهوية، البنية، السعة التبادلية)، وهو ما ينعكس في صورة فروق معنوية لصالح A50 ثم A25 في معظم العناصر المقاسة.

5- الاستنتاجات والمقترحات:

من خلال دراسة تأثير إضافة الآزولا مفردة أو مخلوطة بسماد اليوريا في بعض خواص التربة الزراعية في منطقة الجابرية – حمص ، تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- أدت إضافة الآزولا(مفرداً أو مخلوطاً مع سماد اليوريا) إلى تحسن مجمل الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة ، وكان تأثيرها يتناسب طرداً مع الكمية المضافة.

2- كان تأثير الآزولا مفرداً دون خلط هو الأبرز في زيادة درجة التحبب والمسامية الكلية للتربة وتخفيض الكثافة الظاهرية والحقيقية ونسبة التفكك.

3- أدت إضافة الآزولا مفرداً أو مخلوطاً مع سماد اليوريا إلى انخفاض في درجة تفاعل التربة، وانخفاض قيمة الناقلية الكهربائية للتربة وكانت إضافة الآزولا مفرداً هي الأكثر تأثيراً.

4- أدت إضافة الآزولا مفرداً أو مخلوطاً مع سماد اليوريا إلى انخفاض في درجة تفاعل التربة، وانخفاض قيمة الناقلية الكهربائية للتربة وكانت إضافة الآزولا مفرداً هي الأكثر تأثيراً.

5- ارتفع محتوى التربة من المادة العضوية ارتفاعاً معنوياً بتناسب طردي مع الكمية المضافة من الآزولا، وتفوقت معاملة الآزولا مفرداً على باقي المعاملات في تأثيرها في نسبة المادة العضوية.

6- أدت إضافة الآزولا مفرداً أو مخلوطاً إلى زيادة في محتوى التربة من العناصر المغذية الكبرى(N,P,K)، وكانت معاملة الآزولا بنسبة خلط 50% هي الأفضل مقارنة مع باقي المعاملات.

واستناداً إلى النتائج السابقة نقترح التالي:

1- إمكانية استخدام الآزولا مفرداً أو مخلوطاً بسماد اليوريا كبديل للأسمدة الكيميائية في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة محتواها من العناصر الكبرى.

2- إجراء المزيد من الأبحاث التي تتناول استخدام الآزولا بنسب خلط أخرى وفي ظروف تربة مختلفة ونباتات أخرى واستخداماتها التطبيقية.

6- المراجع:

6-1- المراجع العربية:

1) العيسى، عبدالله (**2007**): ميكروبيولوجيا التربة، منشورات جامعة البعث– كلية الزراعة.

2) الفارس، عبَّاس، (**1992**):إنتاج وتكنولوجيا محاصيل الحبوب. منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، ص 461.

3) المغربي، نجيب (**2016**): تأثير التسميد العضوي والمعدني على بعض خواص التربة ومحتوى نبات الذرة الرفيعة من بعض العناصر الغذائية. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي، 2016.

4) 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).

5) عودة، محمود وشمشم، سمير.(**2007**): خصوبة التربة وتغذية النبات، الجزء العملي. كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سوريا.

6) مهنّا، أحمد؛ حيَّاص، بشَّار،(**2007**): إنتاج محاصيل الحبوب والبقول، الجزء النظري. منشورات جامعة البعث، كلية الزراعة، ص 35–88.

7) وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2020): المجموعة الإحصائية (المحاصيل الشتوية) .2020.

6-2- المراجع الأجنبية:

8) Al-Suhaibani, N.; Seleiman, M.F.; El-Hendawy, S.; Abdella, K.; Alotaibi, M.; Alderfasi, A. Integrative(2021):Effects of Treated Wastewater and Synthetic Fertilizers on Productivity, Energy Characteristics, and Elements Uptake of Potential Energy Crops in an Arid Agro-Ecosystem. Agronomy 2021, 11, 2250.

9) Anjuli, P. Prasanna, R. Singh, P.K.(2004): Biological significance of and its utilization in agriculture, Proc. Indian Natl. Sci. Acad., 70 (2004) 299-333.

10) Arora, A. Sexana, S. Sharma, D.K. (2006): Tolerance of Phytoaccumulation of chromium by three Azolla species, World Journal of Microbiol Biochem. 22 (2006) 97-100.

11) Bharali, A.; Baruah, K.; Bhattacharya, S.S.; Kim, K.-H.(2021): The use of Azolla caroliniana compost as organic input to irrigated and rainfed rice ecosystems: Comparison of its effects in relation to CH4 emission pattern, soil carbon storage, and grain C interactions. J. Clean. Prod. 2021, 313, 127931

12) Blake, G. R., and Hartge, K. H. (1986). Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. (Ed. Klute A.), American Society of Agronomy, Inc., and Soil Science Society of America, Madison, Wis., pp. 363 – 376.

13) Braun-Howland, E.B.; Nierzwicki-Bauer, S.A.(2018): Azolla-Anabaena symbiosis: Biochemistry, physiology, ultrastructure, and molecular biology. In CRC Handbook of Symbiotic Cyanobacteria; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018; pp. 65–117.

14) Cheptoek, R.P.; Gitari, H.I.; Mochoge, B.; Kisaka, O.M.; Otieno, E.; Maitra, S.; Nasar, J.; Seleiman, M.F.(2021): Maize productivity, economic returns and phosphorus use efficiency as influenced by lime, Minjingu rock phosphate and NPK inorganic fertilizer. Int. J. Bioresource. Sci. 2021, 8, 47–60.

15) Cimmyt. (2003): Wheat in the developing world. http://www.cimmyt.org/research/wheat/map/developing_world/index. htm.

16) Cohen-Shoel, N. Barkay, Ilzycer, Z. D. Gilath, I. Tel, O.R.(2002): Bio-filtration of toxic elements by Azolla biomass, Water, Air and Soil Pollution., 135 (2002) 93-104.

17) FAO.2019.FAOSTAT. https://www.fao.org/faostat/ar/#data/QCL

18) Fowler, Megaspores and massullae of Azolla prisca from Oligocene of the isle of weight Palaeontology. 18 (1975) 483-486.

19) Grilli Caiola, M. Fornic, C. Castagnola, M. Bacteria in the Azolla – Anabaena association Symbiosis, 2 (1988)185 – 198

20) Gupta, P. K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India. p.438

21) Hates, B. Frank, O. Angells B.D. Feingold, S.(1980): Plasma tocopherol in man at various times after ingesting free or acetylaned tocoherol, Nutr. Rep. Int., 21 (1980) 531 – 536.

22) Herrero, M.; Thornton, P.K.; Notenbaert, A.M.; Wood, S.; Msangi, S.; Freeman, H.; Bossio, D.; Dixon, J.; Peters, M.; van de Steeg, J.(2010): Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. Science 2010, 327, 822–825. [Google Scholar] .

23) Ito, O. Watanabe, I. Availability to rice plants of nitrogen fixed by Azolla, Soil Sci. Pl. Nutr., 34 (1985) 91-104.

24) Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

25) Jain, S.K. Vasudevan, P. Jha, N.K.(1989): Removal of some heavy metals from polluted water by aquatic plants: studies on duckweed and water valvet. Biol. Wastes., 28 (1989) 115-126.

26) Jumadi, O.; Hiola, S.F.; Hala, Y.; Norton, J.; Inubushi, K.(2014): Influence of Azolla (Azolla microphylla Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (Ipomoea aquatica Forsk.) in a silt loam soil. Soil Sci. Plant Nutr. 2014, 60, 722–730.

27) Kannaiyan, S. Arun, S.J. Kumari, S.M.P. Hall, D.O.(1997): Immobilized cyanobacteria A. azollae- a symbiont of azolla as a biofertilizer for rice crops, J. Appl. Phycol.,7 (1997)1-9.

28) Kimani, S.M.; Bimantara, P.O.; Kautsar, V.; Tawaraya, K.; Cheng, W.(2021): Poultry litter biochar application in combination with chemical fertilizer and Azolla green manure improves rice grain yield and nitrogen use efficiency in paddy soil. Biochar 2021, 3, 591–602.

29) Kjeldahl, J. (1883): Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoff s in organischen Körpern. Z. Anal. Chem. 22: 366 – 382.

30) Kolhe, S.S. Mittra, B.N.(1990): Azolla as an organic source of nitrogen in rice-wheat cropping system, Trop. Agric. (Trinidad), 67 (1990) 267-269.

31) Konar, .N. Kapoor, R.K. (1972):Anatomical studies on Azolla pinnata Phytomorphol. 22 (1972) 211-223.

32) Lumpkin, T.A. Pluckmett. D.L(1980): Azolla- Botany, Physiology and use as a green manure, Econ. Bot. 34 (1980) 111 – 153.

33) Mahapatra, B.S. Sharma, G.L.(1989): Integrated management of Sesbania, Azolla and urea nitrogen in lowland rice under a rice-wheat cropping system, J. Agric. Sci. (Cambridge), 113 (1989) 203-206.

34) Marwaha, T.S.Singh, B.V Goyal, S.K(1992): Effects of incorporation of Azolla on wheat (Triticum aestivum var. HD- 2329), Acta. Bot. Indica., 20 (1992) 218-220.

35) Matocha, C.J.; Grove, J.H.; Karathanasis, T.D.; Vandiviere, M. (2016): Changes in soil mineralogy due to nitrogen fertilization in an agroecosystem. Geoderma 2016, 263, 176–184.

36) Mukherjee, A., Zimmerman, A. R., Hamdan, R., and Cooper,W. T.(2014): Physicochemical changes in pyrogenic organic matter (biochar) after 15 months of field aging,2014, Solid Earth, 5, 693–704.

37) Novair, S.B.; Hosseini, H.M.; Etesami, H.; Razavipour, T.(2020) Rice straw and composted azolla alter carbon and nitrogen mineralization and microbial activity of a paddy soil under drying–rewetting cycles. Appl. Soil Ecol. 2020, 154, 103638.

38) 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.

39) Peters, G.A. Calvert. H.E.(1983): The Azolla-Anabaena, symbiosis, Cambridge Univ. Press.Cambridge,1983 pp. 109-145.

40) Peters, G.A. Evans, W.R. Crist, D.R. Mayne, B.C. Poole R.E,(1980): Characterization and comparison of five nitrogen-fixing Azolla-Anabaena association I. optimization of growth conditions for biomass increase and N- content in controlled environment, Plant Cell Environ 3 (1980) 261-269.

41) Ram, H. Krishna, R. Naidu, M.V.S.(1994): Effect of Azolla on soil properties and yield of Mungbean (Vigna radiata), J. Indian Soc. Soil. Sci., 42 (1994) 385-387.

42) Razavipour, T.; Moghaddam, S.S.; Doaei, S.; Noorhosseini, S.A.; Damalas, C.A.(2018): Azolla (Azolla filiculoides) compost improves grain yield of rice (Oryza sativa L.) under different irrigation regimes. Agric. Water Manag. 2018, 209, 1–10.

43) Roger, P.A. Renaud, P.A. (1979): Ecology of blue green algae in paddy fields in nitrogen and rice IRRI, Los Benos.1979 pp. 289-309.

44) Satapathy, K.B.(1993): Effect of different plant spacing pattern on the growth of Azolla and rice, Indian J. Pl. Physiol.,36 (1993) 98-102.

45) Seleiman, M.F.; Abdelaal, M.S.(2018): Effect of organic, inorganic and bio-fertilization on growth, yield and quality traits of some chickpea (Cicer arietinum L.) varieties. Egypt. J. Agron. 2018, 40, 105–117.

46) Seleiman, M.F.; Almutairi, K.F.; Alotaibi, M.; Shami, A.; Alhammad, B.A.; Battaglia, M.L.(2021): Nano-fertilization as an emerging fertilization technique: Why can modern agriculture benefit from its use? Plants 2021, 10, 2.

47) Seleiman, M.F.; Kheir, A.M. (2018):Maize productivity, heavy metals uptake and their availability in contaminated clay and sandy alkaline soils as affected by inorganic and organic amendments. Chemosphere 2018, 204, 514–522.

48) Seleiman, M.F.; Santanen, A.; Jaakkola, S.; Ekholm, P.; Hartikainen, H.; Stoddard, F.L.; Mäkelä, P.S.(2013): Biomass yield and quality of bioenergy crops grown with synthetic and organic fertilizers. Biomass Bioenergy 2013, 59, 477–485. [Google Scholar] [CrossRef]

49) Seleiman, M.F.; Santanen, A.; Mäkelä, P.S.(2020): Recycling sludge on cropland as fertilizer–Advantages and risks. Resour. Conserv. Recycl. 2020, 155, 104647.

50) Seleiman, M.F.; Selim, S.; Jaakkola, S.; Mäkelä, P.S(2017): Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop maize fertilized with synthetic fertilizer or digestate and harvested at two

maturity stages in boreal growing conditions. Agric. Food Sci. 2017, 26, 47–55.

51) Sharma, M.P Singh, . R. Singh, R.(1999):Effect of Azolla on wheat (Triticum aestivum) yield and soil properties, Indian J. Agric. Sci., 69 (1999)55-57.

52) Singh, A.L. Singh, P.K.(1990) Intercropping of Azolla bio fertilizer with rice at different crop geometry, Trop. Agric (Trinidad) 67 (1990) 350-354.

53) Singh, P.(1990): Use of Azolla in Asian agriculture. Appl. Agric. Res. 1990, 4, 149.

54) Slafer, G. A; and E. H. Satorre. (2000). An introduction to the physiological-elcological analysis of Wheat yield. In: Satorre, E. H. and G. A. Slafer (eds). Wheat ecology and physiology of yield determination. Food products press. An imprint of the Haworth press, Inc, NEW Yor; London. Oxford pp: 296-331.

55) Svenson, H.K.(1994): The new world species of Azolla Tam .Fern. J. 1944 pp. 34-69.

56) Teckle-Haimanot, E.V.D.(1995): Comparison of Azolla mexicana and N and P Fertilization on Paddy taro (Colocasia esculenta) yield, Trop. Agric. (Trinidad).,72 (1995) 70-72.

57) Tejada, M.; Hernandez, M.; Garcia, C.(2009): Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. Soil Tillage Res. 2009, 102, 109–117.

58) Van Hove, C.(1989): Azolla and its multiple use with emphasis on Africa, Food and Agriculture Organization, Rome, 21 (1989) 112-116.

59) Wagner, G.M. (1997): A review of its biology and utilization, The Botanical Review., 63 (1997) 1-26.

60) Zbytniewski, R.; Buszewski, B.(2005): Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 2: Multivariate techniques in the study of compost maturation. Bioresour. Technol. 2005, 96, 479–484.