مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(6) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (6) 2021

تأثير إضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية في بعض الخصائص الكيميائية لتربة لومية مزروعة بالذرة الصفراء *(Zea Mays L.)*

أ. د. عيسى كبيبو*

د. محمد منهل الزعبي**

م. سقراط أحمد***

(تاريخ الإيداع 15/ 3 /2021 . قُبِل للنشر في 13/ 7/2021)

□ ملخّص □

يعد سماد البيوغاز الناتج عن الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية مصدرا جيدا لتغذية النبات عن طريق زيادة نسبة العناصر الغذائية المتاحة في التربة ويمكن استخدامه كسماد عضوي مكمل للأسمدة المعدنية، كما أن الجزء العضوي غير المتحلل يسهم في دعم المادة العضوية وبالتالي تحسين خواص التربة والمحافظة على قدرتها الإنتاجية. أجريت تجربة زراعة حقلية لنبات الذرة الصفراء في مركز البحوث العلمية الزراعية بمحافظة طرطوس، بهدف دراسة التأثير الناتج عن إضافة مستويات مختلفة من سماد البيوغاز والاسمدة المعدنية على درجة الـ pH ونسبة الـ OM في تربة لومية منخفضة الخصوبة وتقدير محتواها من بعض العناصر الغذائية الكبرى والصغرى. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية باستخدام 11 معاملة وبواقع 3 مكررات، استخدم فيها ثلاث مستويات من سماد البيوغاز (10، 15 و 20 ليتر/ م^2) وثلاث مستويات من الأسمدة المعدنية (25، 50 و 75%) من التوصية السمادية لنبات الذرة الصفراء. أظهرت النتائج أن إضافة سماد البيوغاز بمعدل (20 ليتر/ م^2) قد أدت لزيادة معنوية بمحتوى التربة من الـ OM وانخفاض طفيف بدرجة الـ pH (0.05 درجة). وظهر أيضا زيادة معنوية بمحتوى التربة من النيتروجين الكلي و البوتاسيوم المتاح عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (20 ليتر/ م^2) مع 75% من التوصية السمادية (المعاملة L_3F_3) بينما سجلت أعلى نسبة للفوسفور المتاح في التربة عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (20 ليتر/ م^2) مع 50% من التوصية السمادية (المعاملة L_3F_2). كما تم مناقشة تأثير معاملات التسميد المضافة على محتوى التربة من بعض العناصر الصغرى المتاحة (Fe, Mn, Zn, Cu) ولوحظ عموماً التأثير الواضح لدرجة الـ pH ونسبة الـ OM على مدى تيسر هذه العناصر في التربة.

كلمات مفتاحية: سماد بيوغاز، مادة عضوية، فوسفور متاح، عناصر صغرى

* أستاذ، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

** مدير إدارة بحوث الموارد الطبيعية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه)

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (5) العدد(6) 2021

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (5) No. (6) 2021

The Effect of biogas Digestate and mineral fertilizers on some chemical properties of loamy soil cultivated with Maize *(Zea Mays L.)*

Dr. Issa Kbaybu [*]
Dr. Mohamad Manhal Alzoubi [**]
Eng. Sokrat Ahmad [***]

(Received 15 / 3/ 2021 . Accepted 13 / 7/ 2021)

□ ABSTRACT □

Biogas slurry that resulting from anaerobic digestion of agricultural wastes is a useful source for plant nutrition, by increasing plant available nutrients in soil and it can be used as supplementary fertilizer. On the other hand, the organic fraction of digestate can contribute to soil organic matter turnover, improving the soil characteristics and maintaining its productive capacity. A field experiment by cultivating hybrid yellow maize (Ghouta 82) was conducted in the Agricultural Scientific Research Center in Tartous Governorate, aiming to study the effect of adding different levels of biogas slurry and mineral fertilizers on pH and OM content in low fertility loamy soil, and assessing its content of macro and micro nutrients.

The experiment was carried out according to the random block design by using 11 treatments and 3 replications, the treatments were three levels of biogas slurry (10, 15 and 20 litter/m^2) and three levels of mineral fertilizers (25, 50 and 75%) of the fertilizer recommendation for the yellow corn. The results showed a significant increase in OM% and a slight decrease in pH (0.05 degrees) by applying biogas slurry at rate of (20 litter / m^2). Also, the application of biogas slurry at rate of (20 litter / m^2) with the third level of mineral fertilizers resulting increase in total N and available K (treatment L_3F_3). Meanwhile the significant increase in available P was when applying the biogas slurry at rate of (20 litter / m^2) with the second level of mineral fertilizers (treatment L_3F_2). The effect of added fertilization treatments on available micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu) was also discussed. It was observed the effect of pH and OM% on the availability of these micronutrients in the soil.

Key wards: Biogas slurry, Organic matter, Available P, Micronutrients

[*] Professor at Soil and Water Science Department, Agriculture Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.
[**] Director of Natural Resources Administration, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.
[**] Postgraduate, (Ph. D.)

مقدمة :

تعد تكنولوجيا الغاز الحيوي والتي تعتمد أساسا على الهضم اللاهوائي للمخلفات العضوية من التقانات المنتشرة في العديد من دول العالم لمعالجة مخلفات المزرعة النباتية والحيوانية بطريقة اقتصادية وصديقة للبيئة (Merlin Christy et al., 2014). يؤدي الهضم اللاهوائي إلى العديد من التغيرات في تركيب المخلفات العضوية المستخدمة كمواد لتغذية الهاضم (نسبة $N\text{-}NH_4^+$، درجة الـ pH محتوى الـ OM ، نسبة C/N) وغيرها من العوامل التي تعتبر وثيقة الصلة بمدى تيسر العناصر الغذائية الكبرى والصغرى للنبات بعد إضافة نواتج الهضم إلى التربة (Moller and Muller, 2012). وقد بينت عدة دراسات أن السماد العضوي الناتج عن عملية الهضم اللاهوائي (سماد البيوغاز) يفوق في قيمته السمادية الكمية نفسها من المخلفات العضوية المستخدمة في انتاجه في حال تحويلها إلى سماد عضوي Compost بالطريقة التقليدية التي ينتج عنها تطاير نسبة لا بأس بها من الأمونيا (Feng et al., 2011; Borjesson and Berglund, 2007)

إن سماد البيوغاز الخارج من الهاضم يمكن فصله إلى طورين على أساس المحتوى من المادة الجافة، طور سائل Effluent يشكل حوالي (90–94%) وطور صلب Sludge (6–10%) ويستخدم سماد البيوغاز كما هو مختلطا صلبه بسائله أو بفصل الجزء السائل عن الصلب ويضاف مع ماء الري للأراضي الزراعية بينما يخزن الجزء الصلب لحين استخدامه كسماد عضوي (Moller et al., 2000). تحتوي أسمدة البيوغاز الناتجة عن هضم المخلفات الزراعية عموماً على نسبة عالية من $N\text{-}NH_4^+$ وكميات وافرة من العناصر الغذائية الأساسية بالصور المتاحة لتغذية النبات (Barlog et al., 2020). وإضافة لغناه بـ $N\text{-}NH_4^+$ فإن سماد البيوغاز بطوره الصلب يحتوي كمية كبيرة من الفوسفور وبحسب (Bachmann et al., 2014) فإن إضافته للتربة تؤدي لزيادة محتوى التربة من P المتاح للنبات لنفس الدرجة التي يقوم بها السماد المعدني الفوسفاتي TSP أما بالنسبة لعنصر البوتاسيوم فإنه يكون ذائب في كلا الطورين ومتاح مباشرة للنبات. وقد أشار (Sogn et al., 2018) أن إضافة سماد البيوغاز تؤدي إلى تعزيز قدرة التربة على حفظ العناصر الغذائية بالصور المتاحة وامدادها للنبات طوال فترة النمو لكن قد يحدث انغسال للبوتاسيوم الزائد عن حاجة النبات فقط في الأراضي الخفيفة القوام.

أظهرت العديد من الدراسات أن سماد البيوغاز يعتبر مصدر جيد للنيتروجين وغيره من العناصر الغذائية الكبرى والصغرى ويمكن أن يحل جزئياً أو كلياً محل الاسمدة المعدنية. فقد أشار (Piatek and Bartkowiak, 2019) أن إضافة سماد البيوغاز الناتج عن هضم مخلفات زراعية قد أدت إلى زيادة معنوية بمحتوى التربة من N الكلي وانخفاض بدرجة pH التربة واقترح الباحثان استخدام أسمدة البيوغاز لتحسين خواص التربة وزيادة الانتاج النباتي. وفي دراسة مقارنة بين سماد البيوغاز وروث المواشي والأسمدة المعدنية وجد (Barlog et al., 2020) أن إضافة سماد البيوغاز للتربة قد أدت لزيادة محتوى التربة من عناصر P و K بالصور المتاحة للاستخدام من قبل النبات. أيضا ذكر (Vasinka and Babalikova, 2019) أن الإضافة السنوية لسماد البيوغاز قد أدت إلى تحسين بناء التربة وتخفيض الكثافة الظاهرية و زيادة درجة التحبب في التربة وأسهمت في خفض درجة الـ pH قليلاً بسبب محتوى سماد البيوغاز من الاحماض العضوية المختلفة. واتجهت الابحاث الحديثة إلى استخدام أسمدة البيوغاز التي تعد مخصبات رخيصة الثمن وآمنة بيئياً فضلا عن أنها تزيد من كفاءة استعمال الأسمدة المعدنية في الأراضي المنخفضة الخصوبة.

أجرى الباحث (Khan et al., 2015) تجربة حقلية في الهند حول امكانية استخدام نواتج هضم مخلفات زراعية كسماد مكمل للأسمدة الكيميائية لإنتاج الذرة في تربة قاعدية، وجد أن استخدام سماد البيوغاز قد أدى لتحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة حيث لاحظ انخفاض طفيف بدرجة الـ pH وزيادة بنسبة المادة العضوية وزيادة بمحتوى التربة من النيتروجين الكلي والبوتاسيوم المتاح واقترح التطبيق المشترك لسماد البيوغاز مع السماد المعدني الأزوتي بنسبة (1:1) تبعاً لمحتواه من عنصر N ووفقا للتوصية السمادية للمحصول. وفي دراسة محلية قام بها ميدع وآخرون (2020) حول تأثير التداخل بين السماد المعدني الفوسفاتي مع سماد البيوغاز الناتج عن الهضم اللاهوائي للروث البقري على خواص التربة وانتاجية نبات الفول السوداني باستخدام 4 مستويات من سماد البيوغاز ومستويين من السماد المعدني الفوسفاتي لاحظ زيادة في نسبة المادة العضوية وزيادة في كمية الأزوت الكلي والفوسفور والبوتاسيوم المتاح في كل معاملات سماد البيوغاز.

أيضا في دراسة (Glowacka et al., 2020) بهدف تقييم التأثير الناتج عن التطبيق المشترك لسماد البيوغاز بمعدل (30 و 60 طن/هكتار) مع الأسمدة المعدنية على الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة لومية منخفضة المحتوى بالعناصر الغذائية وعلى الانتاجية الكلية لبعض المحاصيل النجيلية، أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة سماد البيوغاز نتج عنها تحسين خواص التربة و زيادة قدرتها على مسك العناصر الغذائية بصورة متبادلة.

أهمية وأهداف البحث:

بناءً على هذه الدراسات المرجعية أجريت تجربة زراعة حقلية باستخدام محصول الذرة الصفراء (هجين غوطة 82) من أجل تقييم سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري وإمكانية استخدامه كسماد عضوي مكمّل للأسمدة المعدنية وتأثير تطبيقه بمعدلات مختلفة على بعض الخصائص الكيميائية للتربة. وحيث أن الاستعمال الاقتصادي للأسمدة المعدنية أمر هام جداً لأن استخدام كمية كبيرة منها سيزيد من تكلفة الإنتاج ويسبب على المدى الطويل تلوث للبيئة ويؤدي إلى أخطار كثيرة على صحة الإنسان. لذلك فإن الاستخدام المتكامل للأسمدة المعدنية وأسمدة البيوغاز يحافظ على خصوبة التربة وإنتاجيتها المستدامة وفي الوقت نفسه يؤدي إلى تلبية حاجة المحصول من العناصر الغذائية عن طريق زيادة نسبة العناصر المتاحة في التربة. وتتلخص أهداف هذه الدراسة بما يلي:

1. دراسة التأثير الناتج عن إضافة مستويات مختلفة من سماد البيوغاز و الاسمدة المعدنية على درجة الـ pH ونسبة الـ OM في التربة وتقدير محتواها من بعض العناصر الغذائية الكبرى والصغرى.
2. تقدير كمية السماد العضوي المتخمر (سماد البيوغاز) الواجب إضافته بهدف التقليل قدر الامكان من الاعتماد على الاسمدة المعدنية.
3. المساهمة بحل مشكلة ماء الجفت الناتج عن معاصر الزيتون بطريقة اقتصادية صديقة للبيئة.

مواد وطرائق البحث:

- **موقع التجربة :**

نفذت تجربة الزراعة في مركز البحوث العلمية الزراعية الواقع في منطقة عمريت جنوب غرب مدينة طرطوس، احداثياتها الجغرافية (34°50'17"N, 35°54'27"E) وترتفع 8 م عن مستوى سطح البحر، معدل الهطول المطري (850 – 1000) مم سنوياً .

- **المادة النباتية :**

استخدم في التجربة بذور محصول الذرة الصفراء هجين /غوطة 82/ وهو من الأصناف المحلية المستنبطة والملائمة للزراعة في بيئة الجمهورية العربية السورية. يتراوح عمر النبات بين (100– 105 يوم) والتوصية السمادية لهذا الصنف حسب (دليل زراعة محصول الذرة الصفراء، 2008) هي: (120 كغ N ، 80 كغ P_2O_5، 40 كغ K_2O) /هكتار.

- **طرائق تحليل التربة :**

أخذت عينة من تربة الحقل قبل الزراعة على عمق (0–30 سم) جففت هوائياً ثم نخلت على منخل قطر فتحاته (2 مم) بهدف إجراء التحاليل الروتينية لتقدير بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وفق الطرائق المعتمدة من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (الزعبي وآخرون، 2013). حيث تم تقدير درجة الحموضة باستخدام جهاز الـ pH meter والناقلية الكهربائية باستخدام جهاز الـ EC وتم تحديد التوزع الحجمي للحبيبات بطريقة الهيدروميتر وقوام التربة اعتماداً على مثلث القوام الأميركي USDA، قدرت الكربونات الكلية بطريقة الكالسيميتر والنشطة باستخدام أكزالات الأمونيوم. كما قدرت الـ CEC بطريقة خلات الأمونيوم والمادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة Walkley and Black. هضمت عينة التربة بالطريقة الرطبة (H_2SO_4.Se) وتم تقدير النيتروجين الكلي باستخدام جهاز التحليل الآلي SKALAR. استخلص الفوسفور المتاح بمحلول بيكربونات الصوديوم عند pH 8.5 (طريقة أولسن) وتم قياسه باستخدام جهاز التحليل الآلي، كما تم استخلاص البوتاسيوم المتاح (الذائب والمتبادل) باستخدام طريقة خلات الأمونيوم وقياسه باستخدام جهاز التحليل الطيفي باللهب Flame Photometer أما العناصر الصغرى (Fe, Mn, Zn and Cu) تم استخلاصها باستخدام الـ DTPA وقياسها بجهاز الإمتصاص الذري. ويتضح من النتائج التي تم الحصول عليها والمدرجة ضمن الجدول (1) أن التربة لومية قاعدية غير مالحة، متوسطة المحتوى من المادة العضوية والفوسفور وغنية بالبوتاسيوم تبعا لتصنيفات الـ FAO (2007). وذات محتوى منخفض من الحديد والمنغنيز ومتوسطة المحتوى من الزنك والنحاس طبقاً لـ (Jones, 2001).

جدول (1) يوضح بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة

Macronutrients Conc.			OM,%	$CaCO_3$, %		EC (1:5) (dS/m)	pH (1:5)
Available K (µg/g)	Available P (µg/g)	Total N (%)		Active	Total		
298	11.35	0.13	1.15	3.66	15.4	0.97	7.68
Available Micronutrients (µg/g)				Particle size distribution, %			CEC, (meq/100g soil)
Fe	Mn	Zn	Cu	sand	clay	silt	
5.62	7.33	1.26	1.11	48	18	34	28.5

- **سماد البيوغاز :**

سماد البيوغاز الناتج عن عملية الهضم اللاهوائي لماء الجفت مع الروث البقري كما هو مختلطا (سائل + صلب) أخذت عينة منه وأجريت عليها التحاليل المخبرية لتحديد صفاتها وتقدير محتواها من المادة العضوية والعناصر الغذائية الكبرى والصغرى (جدول 2). حيث تم قياس درجة الـ pH والناقلية الكهربائية في العينة مباشرة. قدرت نسبة المادة العضوية كنسبة مئوية من الوزن الجاف تماماً باستخدام طريقة الفقد بالترميد. هضمت العينة بطريقتين: باستخدام حمض الكبريت المركز على حرارة 150 °م لتقدير محتواها الكلي من N ، وباستخدام حمض الأزوت وحمض البيركلوريك على حرارة 200 °م لتقدير محتواها الكلي من عناصر P و K و بعض العناصر الصغرى (Fe, Mn, Zn and Cu). أجريت جميع هذه التحاليل وفق الطرائق المعتمدة طبقاً لـ (الزعبي وآخرون، 2013).

جدول (2) يوضح مواصفات وخصائص سماد البيوغاز المستخدم

Total Macronutrients Conc., %			OM (%)	EC (dS/m)	pH
N	P	K			
1.17	0.46	1.09	33.5	1.53	7.74

Total Micronutrients Conc., ppm				نسبة الرطوبة (%)
Fe	Mn	Zn	Cu	
1085	560	113	27	90.8

- **تصميم التجربة :**

تمت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية بواقع ثلاث مكررات استخدم فيها ثلاث مستويات من سماد البيوغاز (10 – 15 – 20 ليتر/ م^2) ، وثلاث معدلات من الأسمدة المعدنية بواقع (25 – 50 – 75 %) من التوصية السمادية الموضوعة لمحصول الذرة الصفراء صنف /غوطة 82/ وبذلك تكون معاملات التجربة كالتالي :

- ✓ C : شاهد دون أي إضافة
- ✓ L_1F_1 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- ✓ L_2F_1 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- ✓ L_3F_1 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
- ✓ L_1F_2 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- ✓ L_2F_2 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- ✓ L_3F_2 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
- ✓ L_1F_3 : 10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- ✓ L_2F_3 : 15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- ✓ L_3F_3 : 20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
- ✓ F : معاملة المزارع تم تطبيق التوصية السمادية (100%)

- **تحضير التجربة والعمليات الزراعية :**

أجريت عمليات الفلاحة وتنعيم التربة قبل اسبوع من الزراعة كما أجري تخطيط للتربة بمسافة 70 سم بين الخطوط. وقسمت منطقة التجربة في الحقل إلى 33 قطعة تجريبية مساحة كل منها 6 م^2 وتركت مسافات للخدمة بمقدار 1م بين القطع التجريبية. أضيف سماد البيوغاز على القطع التجريبية تبعا للمعاملات المستخدمة حيث تم

استجرار الكمية المطلوبة من سماد البيوغاز من وحدة الهضم الموجودة في موقع زاهد للزراعة العضوية التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس. تمت الزراعة بوضع بذرتان لكل جورة بعمق 5 سم وبمسافة 30 سم بين النباتات وكان لدينا 20 نبات في كل قطعة تجريبية.

أضيفت الكميات المطلوبة من السماد الفوسفاتي بصورة سوبر فوسفات ثلاثي (P_2O_5 46%) وسماد البوتاسيوم بصورة سلفات بوتاسيوم (K_2O 50%) عند الزراعة. أما الكمية المطلوبة من السماد الأزوتي (Urea 46%) فقد أضيفت على دفعتين، الدفعة الأولى عند الزراعة والدفعة الثانية في مرحلة النمو الخضري بعد شهر من الزراعة. تم حساب الكميات المطلوبة من الأسمدة المعدنية تبعا للمعاملات المستخدمة في التجربة وبحسب نتيجة تحليل التربة قبل الزراعة. تم الري مباشرة بعد الزراعة ثم توالت عمليات الري كل 8 – 10 أيام، كما أجريت عمليات الترقيع بعد اسبوع من الانبات والتفريد عند ظهور الورقة الرابعة على النبات. وأجريت أيضا عمليات الخدمة من حفر وتحضين للنباتات وإزالة للأعشاب الضارة والمكافحة الوقائية بالمبيدات الحشرية والفطرية.

- **جمع البيانات:**

تم الحصاد بعد 100 يوم من الزراعة (مرحلة النضج الفيزيولوجي R6) أخذت عند هذه المرحلة عينة تربة من منطقة انتشار المجموع الجذري للنبات على عمق (0 – 30 سم) لكل قطعة تجريبية، نقلت العينات إلى المخبر جففت هوائياً ونخلت (2 مم) لإجراء التحاليل اللازمة وفق الطرائق المعتمدة (الزعبي ومشاركوه، 2013) لدراسة تأثير المعاملات المضافة على بعض خواص التربة (درجة الـ pH ونسبة الـ OM) ومحتواها من بعض العناصر الغذائية الكبرى (N – P – K) والصغرى (Fe – Mn – Zn – Cu).

التحليل الإحصائي :

خضعت نتائج تحليل عينات التربة لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو مستويات مختلفة من التسميد المشترك لسماد البيوغاز (L) مع السماد المعدني (F). كما تم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05 وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي (COSTAT 6.4).

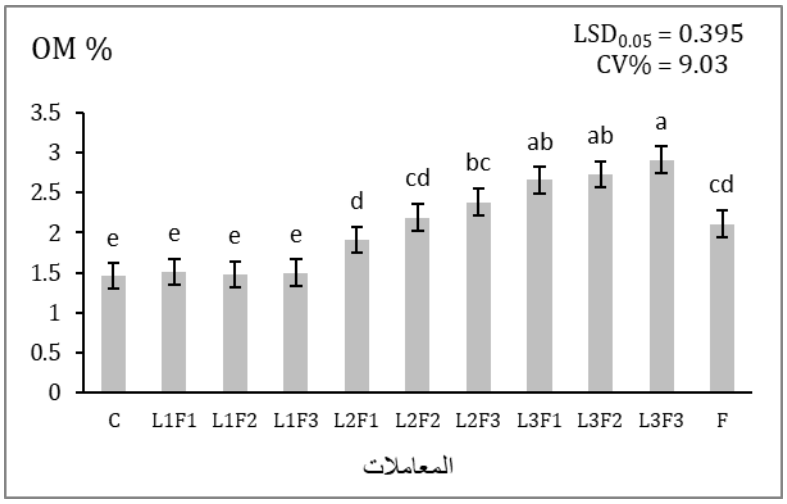
النتائج والمناقشة :

1- تأثير المعاملات المدروسة على بعض الخصائص الكيميائية للتربة :

1-1- نسبة المادة العضوية (OM%):

بينت نتائج التحاليل المخبرية لعينات التربة دوراً هاما لسماد البيوغاز المضاف في زيادة محتواها من المادة العضوية، وظهر هذا الدور جلياً عند تطبيق المستوى الثاني والثالث من سماد البيوغاز بغض النظر عن الجرعة المضافة من الأسمدة المعدنية. النسبة الأقل للمادة العضوية وجدت في معاملة الشاهد C (1.46%) حيث أن التربة لومية خفيفة وذات محتوى منخفض من الـ OM وكذلك لم تحقق معاملات المستوى الأول من سماد البيوغاز (10 ل/م^2) فروق معنوية مقارنة بالشاهد. بينما بلغت أعلى نسبة للمادة العضوية في المعاملة L_3F_3 (2.9%) يليها المعاملة L_3F_2 (2.73%) ثم المعاملة L_3F_1 (2.66%) مع عدم وجود فروق معنوية بين هذه المعاملات، أما بالنسبة للفروق الظاهرية فيما بينها فقد ترجع إلى زيادة معدل التسميد المعدني وزيادة نسبة

الافرازات الجذرية مما يؤدي إلى خلق ظروف غذائية أفضل للنمو والنشاط الميكروبي في التربة (Kirchmann and Lundwall, 1993). إن الكتلة الميكروبية هي المكون الحي للمادة العضوية وتلعب دوراً هاما في صور وتحولات العناصر الغذائية في التربة، وقد ذكر (Odlare et al., 2008) أن سماد البيوغاز بمكوناته غير المتجانسة يعتبر مصدر جيد للكربون العضوي في التربة ويسهم بشكل كبير في نمو الكتلة الميكروبية ويزيد نشاطها الاستقلابي والأنزيمي. من جهة ثانية، أشارت بعض الدراسات أن الإضافة الطويلة الأمد لأسمدة البيوغاز والأسمدة المعدنية تؤدي إلى تحفيز تحلل مادة التربة العضوية وتسرّع من تمعدن دبال التربة مما يؤدي إلى انخفاض محتواها من الكربون العضوي. لذا ومن أجل المحافظة على مستوى جيد للمادة العضوية في التربة عند الإضافة الطويلة الأمد لأسمدة البيوغاز فأن الأمر يتطلب مصدر عضوي أخر يتم تأمينه عن طريق إضافة بقايا المحاصيل وخاصة قش النجيليات كمصدر لـ C_{org} إلى جانب سماد البيوغاز (Barlog et al., 2020; Simon et al., 2015).

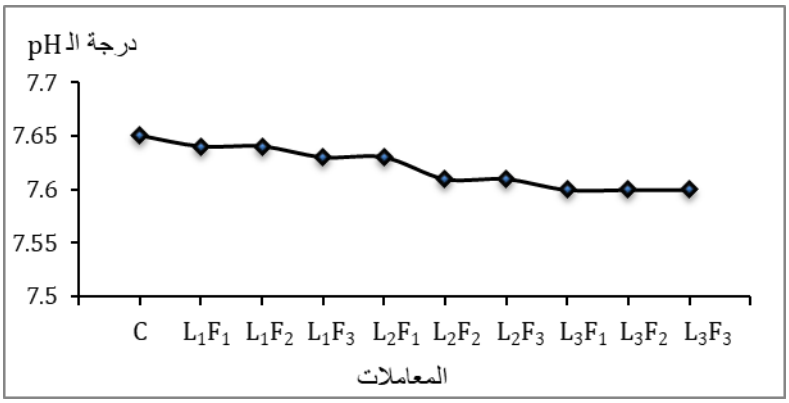


شكل (1) تأثير المعاملات المدروسة على محتوى المادة العضوية في التربة.

بكل الأحوال أظهرت نتائجنا أن معاملات المستوى الثاني من سماد البيوغاز L_2 قد تفوقت معنوياً على معاملة الشاهد C وعلى معاملات المستوى الأول L_1 بينما أدت معاملات المستوى الثالث من سماد البيوغاز L_3 لزيادة معنوية بمحتوى المادة العضوية OM% في التربة مقارنة بمعاملة الشاهد C ومعاملة التسميد المعدني F وهذا ما أكدته عدة دراسات (ميدع وأخرون، 2020 ;Glowacka et al., 2020; Piatek and Bartkowiak, 2019) وبالتالي يمكن اعتبار سماد البيوغاز مصدرا جيدا لدعم المادة العضوية في التربة والتي تعتبر عاملا هاما في المحافظة على خصوبة التربة واستدامتها.

2-1- درجة الـ pH :

تعتبر درجة الـ pH أحد أهم خواص التربة فهي تنظم لدرجة كبيرة تيسر العناصر الغذائية للنبات وخاصة الفوسفور والعناصر الصغرى. وقد بينت نتائج تحليل التباين أن معاملات التسميد المدروسة لم تؤثر على درجة الـ pH بشكل معنوي خلال فترة الدراسة ومع ذلك كان هنالك ميل لانخفاض درجة الـ pH بشكل طفيف جدا (0.05 درجة) كما يظهر في الشكل (2) عند تطبيق المستوى الثالث لسماد البيوغاز، وتشابهت هذه النتائج مع نتائج (Khan et al., 2015; Barlog et al., 2020).



شكل(2) تأثير المعاملات المدروسة على درجة pH التربة

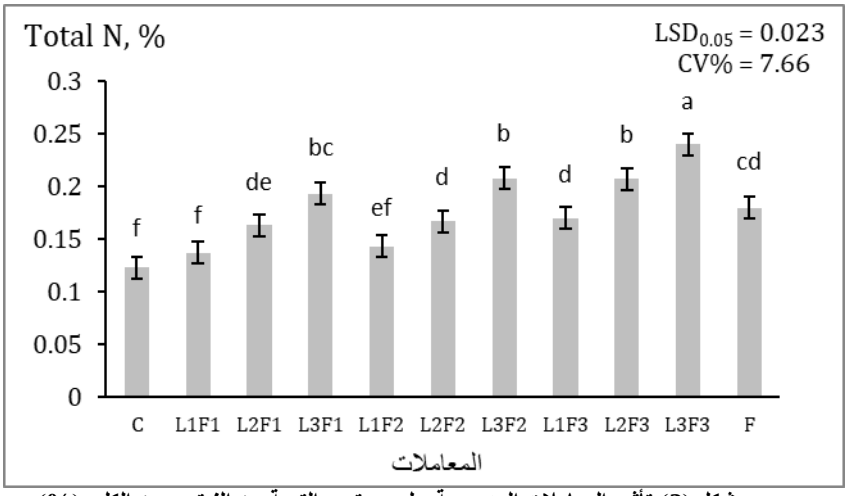
في الحقيقة أن هنالك أراء متناقضة فيما يتعلق بتأثير أسمدة البيوغاز على حموضة التربة ويرجع ذلك إلى الاختلاف الكبير جداً في طبيعة المخلفات العضوية المستخدمة وكفاءة عملية الهضم اللاهوائي وفترة بقاء المواد في الهاضم (WRAP. DC-Agri, 2015; Gerardi, 2003) ومن جهة ثانية فإن الأمر مرتبط بطبيعة التربة وخواصها لاسيما درجة الـ pH و الـ CEC. لكن عموما وبسبب الـ pH المرتفع نسبياً لأسمدة البيوغاز، افترض بعض الباحثين أن إضافته للتربة على المدى الطويل تؤدي لزيادة pH التربة (Odlare et al., 2008; Fuchs and Schleiss, 2008). بالمقابل أشار باحثون آخرون أن نواتج عملية الهضم يمكن أن تحتوي على احماض عضوية مختلفة مثل حمض الغاليك (حمض البنزين ثلاثي الهيدروكسيل $C_7H_6O_5$) وجود هذه الأحماض بتراكيز كبيرة وبدرجة عالية من التكاثف وارتباطها بغرويات التربة المعدنية والعضوية يؤثر على الخواص الكيميائية للتربة وتكون المحصلة انخفاض لدرجة الـ pH (Vasinka and Badalikova, 2019; Makadi et al., 2012) أيضا قد يتراكم في نواتج الهضم كمية كبيرة من الأحماض الدهنية الطيارة (C_2-C_5) تتأين المجموعات الكربوكسيلية في التربة مطلقة أيون H^+ مما يسبب انخفاض بدرجة الـ pH (Kirchmann and Lundwall, 1993).

2- تأثير العاملات المدروسة على محتوى التربة من بعض العناصر الغذائية الكبرى :

2-1- النيتروجين الكلي N_{total}:

إن نقص عنصر N في التربة يقلل بشكل كبير من نمو وانتاج الذرة الصفراء كونه عنصر غذائي مهم ويحتاجه النبات بكميات كبيرة بسبب استمرارية امتصاصه من التربة طيلة مراحل نمو النبات (الساهوكي، 1990). بينت نتائج تحليل التباين دورا هاما لإضافة سماد البيوغاز على زيادة محتوى النيتروجين الكلي في التربة عند حصاد الذرة. وكما يظهر في (الشكل3) فقد تفوقت المعاملة L_3F_3 بمعنوية عالية على باقي المعاملات وسجلت أعلى قيمة لتركيز N_{total} (0.24%) يليها المعاملتين L_3F_2 و L_2F_3 مع عدم وجود فروق معنوية فيما بينها. إن زيادة مستوى النيتروجين الكلي في التربة عند هذه المعاملات قد أدى لزيادة في متوسط ارتفاع النباتات ودليل المسطح الورقي وهذا يعود إلى الزيادة الحاصلة في النموات الخضرية مع زيادة مستوى النيتروجين في التربة (نتائج غير معروضة لنفس التجربة). وسبب أيضاً زيادة في الإنتاجية الكلية وهذا يشير إلى زيادة تراكم المادة الجافة وزيادة نسبة البروتين في الحبوب وتوافق ذلك مع نتائج (جساب و الجبوري، 2013). توافقت معاملة التسميد المعدني F إحصائيا مع المعاملات L_3F_1, L_2F_2, L_1F_3 وهذا يظهر التأثير الهام لسماد البيوغاز على حفظ النيتروجين في التربة وامداد النبات بهذا العنصر وبالتالي يمكن استخدامه كبديل

للسماد المعدني الأزوتي بشكل جزئي أو كلي بحسب نوع المحصول واحتياجاته الغذائية. وتم تأكيد هذه النتائج من قبل عدة دراسات (Glowacka et al., 2020; Vasinka and Badalikova, 2019; Seleiman et al., 2017; Simon et al., 2015)



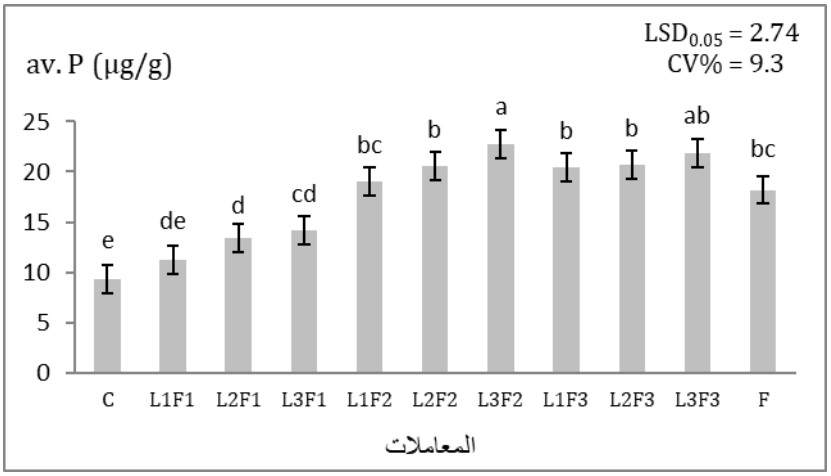
شكل (3) تأثير المعاملات المدروسة على محتوى التربة من النيتروجين الكلي (%)

لم يكن هناك تأثير معنوي لباقي معاملات التجربة على محتوى N الكلي في التربة مقارنة بمعاملة الشاهد C التي حققت أقل قيمة لتركيز N (0.123%). وتدل التراكيز المنخفضة نسبياً للنيتروجين الكلي في هذه المعاملات على أن معظم N المضاف قد تم استهلاكه خلال مراحل نمو النبات (Simon et al., 2015) سيما وأن الذرة الصفراء من المحاصيل المستنزفة لـ N التربة بشكل كبير، أو فقد جزء منه بعمليات التطاير والانغسال والتمثيل الحيوي. وفي هذا السياق ذكر (Loria et al., 2007) أن سماد البيوغاز بمحتواه العالي من الامونيوم المضاف للتربة سوف يتعرض قسم منه للأكسدة ويتحول إلى نترات NO_3^- في الربيع مما يجعله عرضة للإنغسال عند هطول الأمطار. كما ذكر كثيرا أن تطاير الأمونيا مرتبط بارتفاع درجة الـ pH لسماد البيوغاز المضاف (Moller and Stinner, 2009; Moller, 2015). غير أن هناك عوامل أخرى تؤثر على نسبة الفقد أهمها طريقة إضافة سماد البيوغاز، قوام التربة (CEC)، الرطوبة ودرجة الحرارة (Agri-Facts, 2003). وهنا لا بد من التنويه أن عمق إضافة سماد البيوغاز يؤثر بشكل كبير على نسبة الفقد، الإضافة السطحية تسبب فقدا للنيتروجين بحوالي (20–35%) أما عند إدخال سكة المحراث أو حفر التربة لعمق (5- 7 سم) عند تطبيق سماد البيوغاز فإن نسبة فقد الأمونيوم تنخفض لحوالي (2–3%) من النيتروجين الكلي المضاف (Nyord et al., 2008; Makadi et al., 2012). ويجب اتباع هذه الطريقة عند تطبيق سماد البيوغاز لتقليل فقد الأمونيا بالتطاير.

2-2- الفوسفور المتاح av. P :

يعد نقص الفوسفور P أحد العوامل المهمة الذي يحد من نمو الذرة وإنتاجيتها وفي أغلب الأحيان لا تحصل النباتات على احتياجاتها من P بسبب ارتفاع درجة الـ pH وانخفاض نسبة الـ OM وهذا يستدعي بالضرورة إضافة الأسمدة الفوسفاتية لرفع انتاجية المحصول غير أن إضافتها بكميات كبيرة تكون غير مجدية اقتصاديا حيث أن جزء كبير من P المضاف يثبت بالتربة بصورة غير قابلة للامتصاص من قبل النبات (Iqbal et al., 2015). لذا من الأهمية بمكان ضرورة البحث عن توليفة سمادية معينة (عضوية – معدنية) بمعدل اضافة مناسب من السماد الفوسفاتي. وقد بينت النتائج الموضحة في الشكل (4) دوراً إيجابيا لسماد البيوغاز على زيادة محتوى التربة من P

المتاح مع ملاحظة الزيادة التدريجية مع زيادة مستويات الإضافة ومع زيادة التسميد المعدني الفوسفاتي TSP عند الانتقال من المعدل الأول F_1 إلى المعدل الثاني F_2. حيث أن سماد البيوغاز بطوره الصلب يحتوي على نسبة جيدة من الفوسفور بشكليه العضوي والمعدني مع سيادة الشكل المعدني Pi في الطور السائل، لذا فإن إضافة سماد البيوغاز يمكن أن تؤدي لزيادة محتوى التربة من P المتاح للنبات مباشرة من خلال تقديمه للفوسفور الذائب Pi أو بطريقة غير مباشرة عبر تحفيز النشاط الميكروبي لمعدنة الفوسفور العضوي Po (Bachmann et al., 2014).



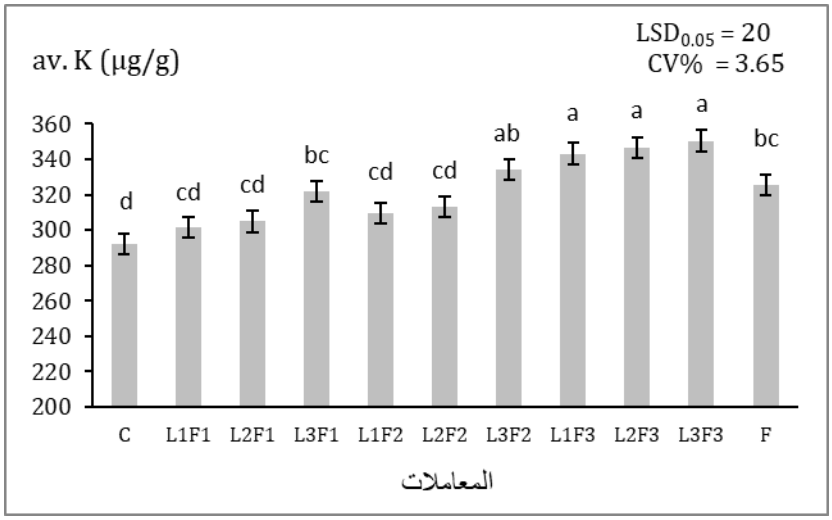
شكل (4) تأثير المعاملات المدروسة على محتوى التربة من الفوسفور المتاح (µg/g)

أظهر تحليل التباين تفوق المعاملة L_3F_2 بمعنوية عالية على باقي المعاملات وأدت لزيادة نسبة P المتاح في التربة بمعدل 145% و 25% مقارنة بمعاملتي الشاهد C والمزارع F، على التوالي. إن انخفاض نسبة P المتاح في معاملة F (100% توصية سمادية) قد يرجع إلى تثبيت الفوسفور في التربة بصورة فوسفات كالسيوم، أما في معاملات التسميد المشترك فإن المادة العضوية الموجودة في سماد البيوغاز تقلل من تثبيت P المضاف ويبقى بصورة متاحة للنبات لفترة زمنية أطول وخاصة في الأراضي الكلسية (Iqbal et al., 2015) حيث تعمل نواتج تحلل الـ OM كمادة مخلبية تعمل على خلب أيونات Ca^{2+} وتقلل ارتباطها بالفوسفور وبالتالي تمنع ترسيبه وتثبيته في التربة. كما أن أنيونات الأحماض العضوية كحمض الستريك والأحماض الدبالية HA يمكن أن تتنافس مع أيونات الفوسفور الذائب Pi على نفس مواقع الإدمصاص (Ligand Exchange) وتبقيها بصورة ذائبة في محلول التربة (Barlog et al., 2020; Bachmann et al., 2014) ولوحظ أن الانتقال إلى المعدل الثالث F_3 لم يحقق زيادة معنوية بمحتوى التربة من P المتاح مقارنة بمعاملات المعدل الثاني F_2 بمعنى أن إضافة السماد الفوسفاتي TSP بمعدل (50% توصية سمادية) قد حققت أقصى استفادة ممكنة عند إضافتها للتربة إلى جانب سماد البيوغاز بمعدل (20 ل/م^2) وظهر ذلك من خلال زيادة نسبة P المتاح في التربة عند المعاملة L_3F_2 وهنا تكمن الاستراتيجية الجيدة في إدارة عنصر P عن طريق تحسين كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي وكذلك الاستفادة من P الموجود أصلا في سماد البيوغاز.

2-3- البوتاسيوم المتاح av. K :

بينت نتائج التحليل الموضحة في الشكل (5) زيادة تدريجية واضحة بمحتوى التربة من K المتاح مع زيادة معدلات التسميد. وحيث أن الكمية المضافة من البوتاسيوم في صورة K_2SO_4 في معاملة المزارع F

(100% توصية سمادية) لا تتعدى (20 كغ/ه) فإن نسبة كبيرة من هذه الزيادة ترجع إلى إضافة مستويات متزايدة من سماد البيوغاز. وهذا ليس بالمستغرب إذ أن سماد البيوغاز غني بالبوتاسيوم الذائب والمتاح مباشرة للنبات في كلا الطورين السائل والصلب (Bachmann et al., 2014). والحقيقة أن هناك عدد قليل من الدراسات التي ركزت على دور سماد البيوغاز في إتاحة عنصر K كونه ليس من العناصر الهيكلية في النبات ويبقى بصورة ذائبة في النسغ الخلوي وبالتالي يكون أيضا بصورة ذائبة في سماد البيوغاز (Moller and Muller, 2012).



شكل (5) تأثير المعاملات المدروسة على محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح (µg/g)

بكل الأحوال كانت تراكيز K المتاح مرتفعة في كل المعاملات وسجلت أدنى قيمة في معاملة الشاهد C وكانت (292.4 µg/g) وازدادت تدريجيا مع زيادة معدلات التسميد لتبلغ أعلى قيمة في المعاملة L_3F_3 (350.5 µg/g) التي تفوقت على معاملة الشاهد C ومعاملة المزارع F وتوافقت هذه الأخيرة (المعاملة F) إحصائياً مع المعاملة L_3F_1 وقد سجلت نتائج مشابهة من قبل عدد من الباحثين (Tambone et al., 2009; Khan et al., 2015; Sogn et al., 2018) ولتجنب تراكم وتثبيت البوتاسيوم في التربة عند الإضافة المستمرة لأسمدة البيوغاز في الأراضي الطينية اقترح الباحثان (Borjesson and Berglund, 2007) تقليل جرعة سماد البيوغاز المضاف وتعويض النقص الذي يمكن أن يحصل بعنصر النيتروجين باستخدام الأسمدة المعدنية.

3- تأثير المعاملات المدروسة على محتوى التربة من بعض العناصر الصغرى:

على الرغم من أن احتياجات النباتات من العناصر الصغرى أقل بكثير مقارنة بالعناصر الكبرى، إلا أنها أساسية وضرورية من أجل نمو وتطور النبات بشكل صحيح، ويؤدي نقصها إلى انخفاض مقاومة النبات للعوامل البيئية الضارة وفي حالات النقص الحاد يحصل انخفاض في الإنتاجية كماً ونوعاً (Alloway, 2008). والحقيقة أن دراسة العناصر الصغرى هو أمر معقد نظراً لوجودها في تكافؤات مختلفة وفي مركبات معقدة مختلفة في قابليتها للذوبان إضافة إلى وجود العديد من العوامل التي تؤثر على إتاحتها للاستخدام من قبل جذور النباتات (Rutkowska et al., 2014) لكن يمكن أن يؤدي التسميد العضوي والمعدني إلى تعديل بعض الخصائص الكيميائية للتربة مثل درجة الـ pH ونسبة الـ OM ويغني التربة بالعناصر الكبرى، وتحدد هذه العوامل مدى تيسر العناصر الغذائية الصغرى للنبات (Li et al., 2007). أظهرت نتائج تحليل التباين أن معاملات التسميد المطبقة قد أدت إلى تغيرات محدودة في محتوى التربة من العناصر الصغرى المتاحة كما يظهر في جدول (3) ولوحظ أن المستويات الأعلى لتراكيزها قد

وجدت في المعاملات التي أدت إلى خفض درجة الـ pH و زيادة نسبة المادة العضوية أي عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (20 ل/م^2) وتوافق ذلك مع نتائج (Rutkowska et al., 2014). حيث أدت إضافة سماد البيوغاز عند المستوى L_3 (20 ل/م^2) إلى زيادة معنوية بمحتوى Fe و Mn المتاح في التربة مقارنة بمعاملة الشاهد C مع ملاحظة الزيادة التدريجية الطفيفة مع ازدياد معدل التسميد المعدني. إذ يسهم التسميد الأزوتي الأمونيومي المستخدم (سماد اليوريا) أيضاً في تقليل درجة الحموضة بفعل عملية النترجة Nitrification وبفعل الأثر الفيسيولوجي المتبقي الحامضي لهذا السماد في منطقة الرايزوسفير مما يعزز من حركة وإتاحة العناصر الصغرى (Li et al., 2007; Fan et al., 2011).

جدول (3) تأثير المعاملات المدروسة على محتوى التربة من بعض العناصر الصغرى عند الحصاد (R6)

Chemically Available Micronutrients Conc., µg/g				المعاملة
Fe	Mn	Zn	Cu	
7.27^{b}	7.03^{b}	2.373^{b}	1.30^{b}	C
7.93^{b}	9.39^{ab}	2.418^{b}	1.42^{ab}	L_1F_1
8.07^{ab}	10.99^{ab}	2.517^{b}	1.46^{ab}	L_2F_1
10.21^{a}	13.13^{a}	3.581^{a}	1.57^{ab}	L_3F_1
8.71^{ab}	9.51^{ab}	2.411^{b}	1.41^{ab}	L_1F_2
9.55^{ab}	11.21^{ab}	2.529^{b}	1.44^{ab}	L_2F_2
10.49^{a}	13.18^{a}	2.912^{ab}	1.58^{ab}	L_3F_2
9.21^{ab}	8.97^{ab}	2.513^{b}	1.42^{ab}	L_1F_3
9.34^{ab}	11.42^{ab}	2.549^{b}	1.48^{ab}	L_2F_3
10.72^{a}	13.73^{a}	2.923^{ab}	1.75^{a}	L_3F_3
8.75^{ab}	9.72^{ab}	2.415^{b}	1.44^{ab}	F
2.77	5.649	0.944	0.391	$LSD_{0.05}$
14.76	17.14	11.49	18.87	CV%

بكل الأحوال فإن زيادة تيسر Fe عند المعاملات L_3F_1 ، L_3F_2 و L_3F_3 يمكن أن يفسر بأن انخفاض درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير قد أدى إلى تحويل هيدروكسيدات الحديد إلى أيونات هيدروكسيلية ذائبة ومتاحة للاستخدام من قبل النبات (Lindsay, 1991):

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe(OH)_2^{+} + OH^{-} \rightleftharpoons Fe(OH)^{2+} + OH^{-}$$

تؤثر نسبة المادة العضوية على محتوى التربة من العناصر الصغرى المتاحة، إذ يمكن لأيونات Fe وغيرها من العناصر الصغرى الكاتيونية (Mn, Zn, Cu) أن تشكل مع بعض الأحماض العضوية الموجودة في سماد البيوغاز (حمض الستريك $C_6H_8O_7$، حمض الطرطريك $C_4H_6O_6$) معقدات عضوية معدنية (Chelates) تحميها وتمنعها من الدخول في تفاعلات مع أيونات ($H_2PO_4^-$, CO_3^{2-}, OH^-) التي تؤدي إلى ترسيبها وبالتالي تبقى بصورة ذائبة في محلول التربة (Marcato et al., 2009). وعلى الرغم من ذلك، ليست كل العناصر الصغرى المعقدة عضوياً متاحة للامتصاص من قبل جذور النباتات فقد تتعرض هذه المعقدات

للإنغسال أحياناً أو قد تكون بعض هذه المعقدات بصورة غير منحلة، لذا فأن تحلل هذه المعقدات (الشيلات) هو شرط أساسي لتيسر هذه العناصر للنباتات (Rutkowska et al., 2014). من جهة ثانية فأن هذه الشيلات شبيهة بمركبات Phytosiderophores التي تفرزها جذور نباتات الذرة عند نقص إتاحة الحديد في التربة القاعدية وهي عبارة عن رباط متعدد (Polydentate Ligand) تنافس كما قلنا أيونات OH^- على الارتباط مع العناصر الصغرى كالحديد مثلاً فتبقى شيلات هذه العناصر ذائبة في محلول التربة ولا شيء يمنعها من الانتشار Diffusion نحو منطقة الرايزوسفير التي تزداد فيها تراكيز H^+ التي تنافس أيونات الحديد Fe^{3+} على الارتباط مع الرباط فتصبح أيونات الحديد حرة وتمتصها جذور النبات (بوعيسى وعلوش، 2005).

وكما يظهر في الجدول (3) فأن أعلى قيمة لتركيز Zn المتاح وجد في عينات التربة عند المعاملة L_3F_1 التي تفوقت على باقي المعاملات ماعدا المعاملتين L_3F_2 و L_3F_3. تزداد نسبة الزنك المتاح بازدياد نسبة المادة العضوية في التربة حيث يكون الزنك معقدات عضوية معدنية غير مستقرة Labile وأقل ثباتاً مقارنة بغيره من العناصر الصغرى (Behera et al., 2011) مما يجعله عرضة للتفاعل مع أيونات الفوسفات عند زيادة معدل التسميد المعدني الفوسفاتي ويحدث ترسيب لفوسفات الزنك $Zn_3(PO_4)_2$ في محلول التربة (Li et al., 2007; Fan et al., 2011) وهذا يفسر الانخفاض الظاهري في نسبة الزنك المتاح عند زيادة الجرعة المضافة من الأسمدة المعدنية. بينما يظهر عنصر النحاس ألفة عالية جدا للارتباط بالمادة العضوية وتشكيل معقدات عضوية معدنية ثابتة عبر ارتباط ذرة النحاس بشكل مباشر مع اثنين أو أكثر من المجموعات الفعالة في المعقد العضوي مثل المجموعات الكربوكسيلية، الكربونية والفينولية (Rutkowska et al., 2014; Marcato et al., 2009) كما يعتبر عنصر النحاس أقل حساسية لدرجة الـ pH مقارنة بالزنك والمنغنيز (Alloway, 2008) وهذا يمكن أن يفسر عدم وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات المدروسة وسجلت أعلى قيمة للنحاس المتاح في التربة عند المعاملة L_3F_3 (1.75 µg/g) وتوافق ذلك مع نتائج (Glowacka et al., 2020) الذي لاحظ زيادة بمحتوى التربة من النحاس المتاح عند تطبيق سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية.

لابد من التنويه إلى خصوصية كل عنصر من العناصر الصغرى المدروسة من حيث التأثر بدرجة الـ pH وظروف الأكسدة والارجاع وكذلك استجابة النبات لنقص هذا العنصر في محلول التربة وعلى الرغم من ذلك يمكن الاستنتاج ان تطبيق سماد البيوغاز قد أدى لزيادة محتوى التربة من العناصر الصغرى المتاحة لاستخدام النبات ويمكن ارجاع ذلك إلى محتواه من هذه العناصر إضافة للدور الهام الذي يلعبه في زيادة النشاط الميكروبي وتحسين بعض الخصائص الكيميائية للتربة وأهمها درجة الـ pH ونسبة الـ OM التي تؤثر كثيرا على حركة و إتاحة هذه العناصر للنبات (Makadi et al., 2012, Marcato et al., 2009) وبغض النظر عن معاملات التسميد المطبقة فإن تراكيز هذه العناصر كانت كافية لتلبية الاحتياجات الغذائية ولم تظهر أعراض نقصها على نباتات الذرة المزروعة خلال التجربة.

الاستنتاجات والمقترحات:

1. أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة سماد البيوغاز بمعدل (20 ل/م^2) قد أدت لزيادة معنوية بنسبة المادة العضوية في التربة وانخفاض طفيف (غير معنوي) بدرجة الـ pH ، مقارنة بمعاملة الشاهد C ومعاملة المزارع F. وبالتالي يمكن اعتبار سماد البيوغاز مصدرا جيداً لدعم المادة العضوية في التربة والتي تعتبر عاملا هاما في المحافظة على خصوبة التربة واستدامتها.
2. أدت معاملات التسميد إلى تحسين قدرة التربة على حفظ العناصر الغذائية الكبرى وإمداداها لنبات الذرة الصفراء طوال فترة النمو. فقد بينت النتائج أن المعاملة L_3F_3 والمعاملة L_3F_2 قد تفوقت على معاملة الشاهد C ومعاملة المزارع F وخصوصا فيما يتعلق بمحتوى التربة من النيتروجين الكلي والفوسفور المتاح
3. لوحظ أن المحتوى الأكبر من العناصر الصغرى المتاحة والمستخلصة باستخدام الـ DTPA وخصوصا عنصري Fe و Mn قد وجد في المعاملات التي أدت إلى خفض درجة الـ pH وزيادة نسبة الـ OM.

ونقترح ما يلي :

- ✓ استخدام سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري كسماد عضوي مكمل للأسمدة المعدنية نظرا لدوره الهام في زيادة نسبة المادة العضوية في التربة وبالتالي تحسين الخواص الخصوبية والقدرة الانتاجية للتربة وفي نفس الوقت التخلص من هذه المخلفات العضوية بطريقة اقتصادية وصديقة للبيئة.
- ✓ اعتماد معاملة التسميد L_3F_2 (20 ل/م2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية) كونها أدت لزيادة نسبة العناصر الغذائية المتاحة في التربة وبالمقابل توفير ثمن الأسمدة المعدنية بمعدل 50%.

المراجع :

1. الزعبي، محمد منهل ؛ الحصني، أنس المصطفى ودرغام، حسان. (2013) طرائق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة. وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. 223ص.
2. الساهوكي , مدحت مجيد. (1990) الذرة الصفراء انتاجها وتحسينها . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراق، جامعة بغداد، 389ص.
3. بو عيسى، عبد العزيز؛ علوش، غياث. (2005) خصوبة التربة وتغذية النبات. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة تشرين، اللاذقية، 423 ص.
4. جساب، زياد حازم و الجبوري، رشيد خضير. (2013) استجابة الذرة الصفراء للسماد النيتروجيني تحت تأثير نظامين من الري. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 5 (4): 84-93.
5. دليل زراعة محصول الذرة الصفراء. (2008) وزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث المحاصيل، قسم بحوث الذرة. 48 ص.
6. ميدع، لينا؛ خلوف، علاء؛ قرفول، رزان؛ بدور، نسرين؛ ميوس، محمد و هيثم عيد.(2020) تأثير إضافة مستويات مختلفة من التسميد الفوسفوري وسماد البيوغاز في بعض خواص التربة الخصوبية وانتاجية الفول السوداني. المجلة السورية للبحوث الزراعية. 7 (5): 336-349.
7. Agri-Facts.(2003) Soil pH and Plant Nutrients. Available from www.agric.gov.ab.ca
8. Alloway B.J. (2008): Micronutrients and crop production: An introduction. In: Alloway B.J. (ed.): Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production. Springer Science + Business Media, B.V., Dordrecht, 370.
9. Bachmann, S., Gropp, M., and Eichler-Loberman, B.(2014) Phosphorus availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry. Biomass Bioenergy, 70, 429–439.
10. Barlog, p., Lukas, H. and Eva, K.(2020) Effect of Digestate on Soil Organic Carbon and Plant-Available Nutrient Content Compared to Cattle Slurry and Mineral Fertilization. Agronomy, 10, 379. Available from www.mdpi.com.
11. Behera S.K., Singh M.V., Singh K.N., Todwal S. (2011): Distribution variability of total extractable zinc in cultivated acid soils of India and their relationship with some selected soil properties. Geoderma, *162*: 242–250.
12. Borjesson, P. and Berglund, M. (2007) Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. Biomass and Bioenergy, Vol. 31, No. 5, pp. 326-344, ISSN 0961-9534.
13. Fan J., Ding W., Chen Z., Ziadi N. (2011): Thirty-year amendment of horse manure and chemical fertilizer on the availability of micronutrients at the aggregate scale in black soil. Environmental Science and Pollution Research, 19: 2745–2754.
14. FAO, (2007) Methods of analysis for soils of arid and semiarid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
15. Feng, H., Guang-Fei, QU., Ning, P., Fengxiong, X., Jia, L. J., Shi, Y. K. and Zhang, S. J. (2011) The resource utilization of anaerobic fermentation residue. Procedia Environmental Sciences 11,1092-1099.
16. Fuchs, J.G. and Schleiss, K. (2008) Effects of compost and digestate on environment and plant production – Results of two research project. Proceedings of the

International Conference ORBIT 2008, Wageningen, 13-16 October, 2008. CD-ROM (ISBN 3- 935974-19-1).

17. Gerardi, M. H. (2003). The Microbiology of Anaerobic Digesters. Wiley, Hoboken, 89-92.

18. Glowacka, A., Szostak, B. and Klebaniuk, R. (2020) Effect of Biogas Digestate and Mineral Fertilization on the Soil Properties and Yield and Nutritional Value of Switchgrass Forage. Agronomy, 10, 490.

19. Iqbal, A.; D.R. Amanullah; and M. Iqbal. (2015) Impact of potassium rates and their application time on dry matter partitioning, biomass and harvest index of maize (*Zea mays*) with and without cattle dung application. Emir. J. Food Agric., 27: 447–453.

20. Jones, J. B., Jr. (2001) Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.

21. Khan, S.A.; L.C. Malav; S. Kumar; M.K. Malav; and N. Gupta (2015). Resource utilization of biogas slurry for better yield and nutritional quality of baby corn. Advances Environ. Agric. Sci., 382-394.

22. Kirchmann, H. and Lundwall, A. (1993) Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. Biol. Fertil. Soils 1993, 15, 161–164.

23. Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H., Qin, S.W. (2007) Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. Soil and Tillage Research, *96*: 166–173.

24. Lindsay, W. (1991). Iron oxide solubilization by organic matter and its effect on iron availability. Kluwer Academic Publishers, pp. 29-36.

25. Loria, E.R., Sawyer, J.E., Backer, D.W., Lundwall, J.P. &Lorimor, J.C. (2007). Use of anaerobically digested swine manure as a nitrogen source in corn production. *Agronomy Journal*, Vol. 99, No. 4, (July-August 2007), pp. 1119-1129.

26. Makadi, M., Tomocsik, A. and Orosz, V. (2012) Digestate: A New Nutrient Source – Review. Biogas, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0204-5, In Tech, Available from: www.intechopen.com.

27. Marcato, C. E., Pinelli, E., Cecchi, M., Winterton, P. and Guiresse, M. (2009) Bioavailability of Cu and Zn in raw and anaerobically digested pig slurry. Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 72 (n° 5). pp. 1538-1544.

28. Merlin Christy, P., Gopinath, L. R., and Divya, D. (2014). A Review on Anaerobic Decomposition and Enhancement of Biogas Production through Enzymes and Microorganisms. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 167-173.

29. Moller, H., Lund, I. and Sommer, S. (2000). Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. Bioresource Technology, Vol. 74, No. 3, (September 2000), pp. 223- 229, ISSN 0960852.

30. Moller, K. and Muller, T. (2012) Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Eng. Life Sci. 2012, 12, No. 3, 242–257.

31. Moller, K.(2015) Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. Agron. Sustain. Dev. 2015, 35, 1021–1041.

32. Moller, K. and Stinner, W. (2009) Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). Eur. J. Agron. 2009, 30, 1–16.

33. Nyord, T., Sogaard, H.T., Hansen, M.N and Jensen, L.S.(2008) Injection methods to reduce ammonia emission from volatile liquid fertiliser applied to growing crops. *Biosystem Engineering*, Vol. 100, No. 2, (June 2008), pp. 235-244.

34. Odlare, M., Pell, M. and Svensson, K. (2008). Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. Waste Management, Vol. 28, No. 7, (January 2008), pp. 1246-1253.

35. Piatek, M. and Bartkowiak, A.(2019) Assessment of selected physicochemical properties of soil fertilised with digestate. Water-Environ.-Rural Areas 2019, 19, 55–66.

36. Rutkowska, B., Szulc, W., Sosulski, T., and W. Stepien. (2014) Soil micronutrient availability to crops affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. Plant Soil Environ. Vol. 60, No. 5: 198–203

37. Seleiman, M.F.; Selim, S.; Jaakkola, S. and Makela, P.S.A.(2017) Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop maize fertilised with synthetic fertiliser or digestate and harvested at two maturity stages in Boreal growing conditions. Agric. Food Sci. 2017, 26, 47–55.

38. Simon, T., Kunzova, E. and Friedlova, M. (2015) The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. Plant Soil Environ. Vol: 61. No, 11: 522-527.

39. Sogn, T.A.; Dragicevic, I.; Linjordet, R.; Krogstad, T.; Eijsink, V.G.H.; Eich-Greatorex, S.(2018) Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching. Recycl. Org. Waste Agric. 2018, 7, 49–58.

40. Tambone, F., Genevini, P., D_Imporzano, G. and Adani, F. (2009). Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. Bioresource Technology, Vol. 100, No. 12, (June 2009), pp. 3140–3142.

41. Vasinka, M. and Badalikova, B. (2019) Changes in soil properties due to application of Digestate. International Scientific Journal, Year LXV, Issue 4, P.P. 129-131 (2019).

42. WRAP. DC-Agri. (2015) Field Experiments for Quality Digestate and Compost in Agriculture—WP1 Report, Prepared by Bhogal et al. 2015. Available online: www.wrapni.org.uk.