تأثير إضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية على بعض مؤشرات النمو والإنتاجية الكلية لنبات الذرة الصفراء *(Zea Mays L.)*

د. عيسى كبيبو *
د. محمد الزعبي **
سقراط أحمد ***

(تاريخ الإيداع 15 / 2 / 2021. قبل للنشر في 6 / 7 / 2021)

□ ملخّص □

يحتوي سماد البيوغاز الناتج عن الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية على كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات والمادة العضوية وبالتالي فإن استخدامه كمحسن للتربة يقدم حلولاً واعدة لزيادة إنتاج المحاصيل الزراعية وتحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة وفي الوقت نفسه يخفف من الأثار الضارة الناتجة عن الاستخدام المفرط للأسمدة المعدنية والتخلص من المخلفات العضوية بطريقة صديقة للبيئة. أجريت تجربة زراعة حقلية لنبات الذرة الصفراء هجين (غوطة 82) في مركز البحوث العلمية الزراعية بمحافظة طرطوس، بهدف الوصول إلى أفضل توليفة سمادية مقرونة بأكبر معدل للنمو الخضري والإنتاجية الكلية للنبات في تربة لومية منخفضة الخصوبة عن طريق الجمع بين سماد البيوغاز والسماد المعدني.

نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية باستخدام 11 معاملة وبواقع 3 مكررات، استخدم فيها ثلاث مستويات من سماد البيوغاز (10، 15 و 20 ل/م^2) وثلاث مستويات من الأسمدة المعدنية بمعدل (25، 50 و 75%) من التوصية السمادية لنبات الذرة الصفراء. بينت نتائج التجربة وجود فروق معنوية في ارتفاع النبات والمساحة الورقية عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل 15 و 20 ل/م^2 وظهر أيضا زيادة معنوية بالوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري للنبات عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل 20 ل/م^2 مع 50% من الجرعة السمادية المنصوح بها. أدى تطبيق سماد البيوغاز بمعدل 20 ل/م^2 مع المستوى الثاني والثالث من الأسمدة المعدنية إلى زيادة الانتاجية بنسبة تجاوزت 90% مقارنة بالشاهد. أثبتت الدراسة إمكانية استخدام سماد البيوغاز كسماد مكمل اذ يمكن الاستغناء عن 50% من الاسمدة المعدنية عند استعمال سماد الغاز الحيوي.

الكلمات المفتاحية: سماد بيوغاز، تسميد معدني، ذرة صفراء

* أستاذ، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية
** الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) ، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

The effect of biogas slurry and mineral fertilizers on growth indicators and productivity of Maize *(Zea Mays L.)*

Dr. Issa Kbaybu [*]
Dr. Mohamad Alzoabi [**]
Sokrat Ahmad [***]

(Received 15 / 2 / 2021. Accepted 6 / 7 /2021)

□ ABSTRACT □

Biogas slurry that resulting from anaerobic digestion of agricultural waste contains plant nutrients and organic matter, therefore, it increases the productivity of crops, improve the soil physical and chemical properties, reduce the harmful effects resulting from excessive mineral fertilizers use and disposal of organic waste in an environmentally friendly way. A field experiment by cultivating hybrid yellow maize (Ghouta 82) was conducted in the Agricultural Scientific Research Center in Tartous Governorate, aiming to reaching the best fertilizing formula with the highest rate of vegetative growth and total plant productivity in low-fertility loamy soil by using biogas and mineral fertilizers. 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 plant height and leaf area by applying biogas slurry at rate of (15, 20 litter/m^2). Meanwhile significant increase in the plant wet and dry weight when applying biogas slurry at rate of (20 litter/m^2) with 50% of the recommended fertilizer dose. Also, the application of biogas slurry at rate of (20 litter/m^2) with the second and third levels of mineral fertilizers resulting increase in productivity by more than 90% compared to the control, so the study demonstrated the possibility of using biogas slurry as a supplementary fertilizer and 50% of mineral fertilizers can be replaced with biogas fertilizers.

Key wards: Biogas slurry, Mineral fertilizers, Maize

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

مقدمة

يعد الإنتاج الزراعي أحد المقومات الأساسية للإنتاج المحلي وتأمين المادة الأولية لقطاع الصناعة، ففي سنة 2011 التي سبقت الأزمة في سورية بلغت مساهمة الزراعة 18% من اجمالي الناتج المحلي و 23% من قيمة الصادرات (FAO/WFP, 2017). وأصبحت الزراعة الكثيفة ضرورية لزيادة إنتاج المحاصيل الزراعية ، مما يتطلب إضافة جرعات كبيرة وبصورة مستمرة من الأسمدة المعدنية، مما انعكس سلباً على خصوبة التربة حيث أن الاستخدام المكثف وغير المتوازن للأسمدة المعدنية يؤدي إلى تملح التربة وتراجع قدرتها الإنتاجية وانخفاض نسبة الكربون العضوي C_{org} في التربة وتسبب تلوث المياه الجوفية (Rahman et al., 2008) فضلاً عن أنها مكلفة وتتزايد أسعارها بشكل مستمر لدرجة أن المزارعين الصغار غير قادرين على تحمل نفقاتها (Khan et al., 2015). لذا ومن أجل تخفيف هذه التأثيرات السلبية على الانسان والبيئة اتجهت الأبحاث الحديثة إلى استعمال وسائل تؤدي لزيادة تيسر العناصر الغذائية للنبات وتحسن من خواص التربة وتقلل من الاعتماد على الأسمدة المعدنية ومنها أسمدة البيوغاز التي تعد مخصبات رخيصة الثمن وآمنة بيئياً فضلا عن أنها تزيد من كفاءة استعمال الأسمدة المعدنية في الأراضي المنخفضة الخصوبة (Makadi et al., 2012).

تتكون نواتج الهضم اللاهوائي الثانوية لإنتاج الغاز الحيوي (أسمدة البيوغاز) بشكل أساسي من ماء و $N\text{-}NH_4^+$ ، P ، K ، Mg ، Ca ومواد عضوية أخرى غير متحللة (ليجنين وسيليلوز) وبعض المواد النشطة بيولوجيا (منشطات نمو كالجيبرلينات وهرمون IAA ، أحماض نووية ، سكريات أحادية ، أحماض آمينية حرة ، انزيمات وفيتامينات) ويعد هذا الخليط غير المتجانس مصدرا سهلا وسريعا لأمداد النبات بالعناصر الغذائية وخاصة النيتروجين (Moller and Muller, 2012; Simon et al., 2015) كما أن إضافته الى التربة كسماد عضوي مع أو بدون إضافة سماد معدني، يحسن من خصوبة التربة ونمو النبات ويعزز مناعته ومقاومته للإجهادات الحيوية واللاحيوية (Liu et al., 2009).

وبهدف دراسة امكانية استخدام نواتج الهضم اللاهوائي (سماد البيوغاز) كسماد مكمل للأسمدة المعدنية، أجرى الباحث (Khan et al., 2015) تجربة حقلية لعاميين متتالين في الهند حول امكانية استخدام نواتج هضم مخلفات زراعية كسماد مكمل للأسمدة الكيميائية لإنتاج الذرة في تربة قاعدية، وجد أن استخدام سماد البيوغاز قد أظهر تأثيرات ايجابية على النمو الخضري (ارتفاع النبات والمساحة الورقية) وعلى الانتاجية والقيمة الغذائية للمحصول، وأشار 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 (Khan et al., 2015) إمكانية التطبيق المشترك لسماد البيوغاز مع السماد المعدني الأزوتي بنسبة (1:1) تبعاً لمحتواه من عنصر N ووفقا للتوصية السمادية للمحصول. وفي دراسة محلية قامت بها (Maydaa et al., 2017) حول تأثير التداخل بين السماد المعدني الأزوتي مع سماد البيوغاز الناتج عن الهضم اللاهوائي للروث البقري على خواص التربة وانتاجية نبات الذرة الصفراء في تجربة حقلية لمدة 3 سنوات، أظهرت النتائج زيادة معنوية في نمو النبات وفي انتاجية المحصول مع زيادة معدل إضافة سماد البيوغاز، وكانت افضل معاملة هي المسمدة ب 24 (كغ N/ دونم) مع سماد البيوغاز بمعدل 10 (ل/م^2).

في دراسة أجراها (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 والقيمة الغذائية لبعض المحاصيل العلفية، أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة سماد البيوغاز نتج عنها تحسين خواص التربة و زيادة قدرتها على ادمصاص العناصر الغذائية بصورة متبادلة. وزادت من انتاجية المحصول والعائد العلفي له دون التقليل من قيمته الغذائية، واقترحت الدراسة استخدام سماد البيوغاز كمحسن للأراضي حديثة الاستصلاح المنخفضة الخصوبة.

وفي هذا السياق ذكر الباحثان (Vasinka and Badalikova, 2019) أن الإضافة السنوية لسماد البيوغاز الناتج عن وحدة هضم لمخلفات زراعية قد أدت إلى زيادة نسبة الكربون العضوي C_{org} وتحسين بناء التربة وتخفيض الكثافة الظاهرية و زيادة درجة التحبب في التربة. كما أجرى الباحث (Kourimska et al., 2012) تجارب أصص لدراسة تأثير نواتج الهضم اللاهوائي لروث الأبقار عند استخدامها كسماد عضوي على مؤشرات الإنتاج لنباتي البندورة والفليفلة وأظهرت النتائج أن الإنتاجية الأعلى للنباتين (مقدرة بـ كغ وعدد الثمار) تم الحصول عليها عند خلط السماد العضوي (سماد البيوغاز) مع السماد المعدني. بناءً على هذه الدراسات المرجعية اقترح هذا البحث الذي يعتبر من البحوث الزراعية التطبيقية الصديقة للبيئة.

أهمية البحث وأهدافه

على اعتبار أن محصول الذرة الصفراء (*Zea Mays L.*) من أهم محاصيل الحبوب الغذائية والصناعية ويحتل في سورية المرتبة الثالثة بعد القمح والشعير (Yellow Corn Book, 2008) حيث تستعمل نباتاته علفاً أخضر وتدخل حبوبه في عليقة الدواجن والأبقار. جرى في الدراسة الحالية تقييم سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري بنسبة (60% ماء جفت و 40% روث بقري) وإمكانية استخدامه كسماد عضوي مكمّل للأسمدة المعدنية وتأثير تطبيقه بمعدلات مختلفة على نمو نبات الذرة الصفراء /هجين غوطة 82/.

وتتلخص أهداف هذه الدراسة بالتالي:

1. تقييم سماد البيوغاز عن طريق دراسة التأثير الناتج عن إضافته على رفع خصوبة التربة وأثر ذلك على نمو نبات الذرة الصفراء.
2. تقدير كميات سماد البيوغاز الواجب إضافتها إلى التربة الزراعية للحد من استخدام الأسمدة الكيميائية.
3. المساهمة بحل مشكلة بيئية ضاغطة تكمن في التخلص من ماء الجفت بطريقة صديقة للبيئة.

طرائق البحث ومواده

- **موقع التجربة :**

نفذت تجربة الزراعة في مركز البحوث العلمية الزراعية الواقع في منطقة عمريت جنوب مدينة طرطوس بـ 7 كم، احداثياتها الجغرافية (34° 50' 17" N, 35° 54' 27 "E) وترتفع 8 م عن مستوى سطح البحر. معدل الهطول المطري (850 – 1000) مم سنوياً ، أعلى معدل للرطوبة النسبية 90% في شهر كانون الثاني، وأدنى معدل للرطوبة النسبية 23% في شهر تموز.

- **المادة النباتية :**

استخدم في التجربة بذور محصول الذرة الصفراء، الهجين /غوطة 82/. وهو من الأصناف المحلية المستنبطة والملائمة للزراعة في بيئة الجمهورية العربية السورية. يتميز بأنه ذو نمو خضري جيد حبوبه صفراء، يتراوح عمر النبات في الحقل بين 100 – 105 يوم ومتوسط الانتاجية الحبية من (7– 9 طن/ه) في ظروف التجارب. علماً أن التوصية السمادية لهذا الصنف حسب دليل زراعة محصول الذرة الصفراء هي: (120 كغ N ، 80 كغ P_2O_5، 40 كغ K_2O) /هكتار.

- **توصيف 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 خواصها الفيزيائية والكيميائية وفق الطرائق المعتمدة من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (Alzoubi et al., 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 الهضم 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 قلوية خفيفة 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 لتربة الموقع

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 :**

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 (Alzoubi et al., 2013)

جدول (2) يوضح بعض مواصفات وخصائص سماد البيوغاز

Total Macronutrients Conc., %. DM			OM (%). DM	EC (dS/m)	pH
N	P	K			
1.17	0.46	1.09	33.5	1.53	7.74
Total Micronutrients Conc., ppm. DM				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 (120 كغ N ، 80 كغ P_2O_5، 40 كغ K_2O) / هكتار ووفقا لنتائج تحليل التربة وبذلك تكون معاملات التجربة كما في الجدول (3):

جدول (3) يوضح معاملات التجربة

مسلسل	الرمز	المعاملة
1	C	شاهد دون أي إضافة للأسمدة المعدنية أو لسماد البيوغاز
2	L_1F_1	10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
3	L_2F_1	15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
4	L_3F_1	20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 25% توصية سمادية
5	L_1F_2	10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
6	L_2F_2	15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
7	L_3F_2	20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية
8	L_1F_3	10 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
9	L_2F_3	15 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
10	L_3F_3	20 ل / م^2 سماد بيوغاز + 75% توصية سمادية
11	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 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 :**

سحب نباتين بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية بعد 58 يوم من الزراعة لتكون متوافقة مع مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة (VT) وأخذت عند هذه المرحلة قراءات ارتفاع النبات باستعمال شريط القياس من سطح التربة الى العقدة أسفل النورة الزهرية المذكرة، طول الورقة وعرضها وعدد الاوراق على النبات وذلك لحساب دليل المسطح الورقي وفقاً لـ (Beadle, 1989) وفق العلاقة التالية :

دليل المسطح الورقي = مساحة المسطح الورقي(م^2)/ المساحة الغذائية للنبات (م^2)

قطّعت النباتات عند مستوى سطح التربة نقلت المجاميع الخضرية إلى المخبر حيث تم تقطيعها و وزنها ثم جففت في الفرن على حرارة 70 °م لمدة 24 ساعة وسجلت الأوزان الجافة.

تم الحصاد بعد 100 يوم من الزراعة (مرحلة النضج الفيزيولوجي R6) فصلت العرانيس عن النباتات وتم حساب الإنتاجية الكلية للذرة الصفراء (عرنوس كامل) مقدرة ب (طن/هـ) وفق المعادلة:

$$\text{الإنتاجية الكلية} = \frac{\text{انتاجية القطعة التجريبية(كغ)}}{\text{مساحة القطعة التجريبية(م2)}} \times 10$$

التحليل الإحصائي :

خضعت نتائج تجربة الزراعة 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

وجد أن سماد البيوغاز الناتج عن عملية الهضم كما هو موضح في الجدول (2) يحتوي على 90.8% ماء والمتبقي مادة جافة. واستخدم في تجربة زراعة محصول الذرة الصفراء كما هو مختلطا صلبه بسائله مباشرة على التربة دون أن تظهر أي تأثيرات سامة وكانت نسبة إنبات البذور 98% بعد مرور 6 أيام من الزراعة.

1- تأثير معاملات التجربة على مؤشرات النمو للنبات في مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة VT:

1- 1- ارتفاع النبات ودليل المسطح الورقي:

يمكن الاستفادة بالإضافة لحبوب محصول الذرة الصفراء من مجموعه الخضري كمادة علفية لذا يعتبر ارتفاع النبات ودليل المسطح الورقي أحد أهم مؤشرات النمو الخضري. أظهرت نتائج القراءات المورفولوجية في هذه المرحلة كما هي مدرجة في الجدول (4) وجود تباين في متوسط ارتفاع النبات تبعاً للمعاملات المطبقة واستجابة واضحة لزيادة معدل إضافة سماد البيوغاز مع السماد المعدني. من المعروف أن الأسمدة المعدنية تحوي العناصر الغذائية بصورة قابلة للامتصاص مباشرة بعد ذوبان مركباتها في محلول التربة. مع ذلك تفوقت المعاملة L_2F_3 بمعنوية عالية على باقي المعاملات ما عدا المعاملتين L_3F_2 و L_3F_3 ، حيث أدت لزيادة متوسط ارتفاع النبات بمعدل 23.2% و 10.4% مقارنة بمعاملتي الشاهد C والمزارع F، على التوالي.

جدول(4) تأثير المعاملات المدروسة على ارتفاع النبات ودليل المسطح الورقي في مرحلة VT.

المعاملة	ارتفاع النبات (سم)	طول الورقة (سم)	عرض الورقة (سم)	دليل المسطح الورقي
C	155^{e}	92.7^{bc}	10.3	3.99^{c}
L_1F_1	160^{e}	92.0^{bc}	11.3	4.25^{c}
L_2F_1	162^{de}	92.0^{bc}	11.3	4.25^{c}
L_3F_1	171^{cd}	82.7^{d}	11.3	4.23^{c}
L_1F_2	171^{cd}	91.0^{cd}	12.7	4.56^{abc}
L_2F_2	177^{bc}	90.3^{cd}	11.7	4.63^{abc}
L_3F_2	186^{ab}	91.0^{cd}	12.0	4.62^{abc}
L_1F_3	180^{bc}	99.7^{ab}	11.0	4.69^{abc}
L_2F_3	191^{a}	102^{a}	11.7	5.25^{ab}
L_3F_3	185^{ab}	97.7^{abc}	12.7	5.45^{a}
F	173^{c}	95.7^{abc}	10.7	4.38^{bc}
$LSD_{0.05}$	9.51	8.5	N.S.	0.91
CV%	3.91	6.49	10.47	14.19

أظهرت معاملاتي L_3F_2 و L_3F_3 نتائج متقاربة جدا من المعاملة L_2F_3 وأدت كل منها إلى زيادة في متوسط ارتفاع النبات بمعدل 20% و 7.5% مقارنة بمعاملتي الشاهد C والمزارع F، على التوالي. لوحظ أن تطبيق المستوى الثالث لسماد البيوغاز بمعدل (20 ل/م^2) أدى إلى زيادة في متوسط ارتفاع النباتات من أجل نفس الجرعة من السماد المعدني، وكانت هذه الزيادة واضحة في المعاملة L_3F_2 التي أدت لزيادة في متوسط ارتفاع النبات بمقدار (15 سم) مقارنة بمعاملة L_1F_2.

بالنسبة لدليل المسطح الورقي (Leaf Area Index) فإنه يعتبر مؤشراً هاما ذو دلالة مورفولوجية يعكس كفاءة النبات في تغطية مساحة معينة من الأرض والتي تؤثر بدورها على كفاءة التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الجافة. وقد أظهرت النتائج المدرجة في جدول (4) أن أقل قيمة للدليل وجدت في معاملة الشاهد C وكانت 3.99 وبالرغم من وجود زيادة تدريجية في قيمة هذا المؤشر (LAI) بزيادة معدلات التسميد غير أن التحليل الإحصائي أظهر عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الدراسة ماعدا المعاملة L_3F_3 التي أظهرت تفوقا واضحا على باقي المعاملات وبلغت قيمة الدليل عندها 5.45 يليها المعاملة L_2F_3 وبلغت قيمة الدليل عندها 5.25 وأدت هاتين المعاملتين إلى زيادة في قيمة هذا المؤشر بنسبة 36% و 31% مقارنة بمعاملة الشاهد C، على التوالي. إن ارتفاع قيم دليل المسطح الورقي في هذه المعاملات هو انعكاس لزيادة ارتفاع النبات وبالتالي زيادة عدد السلاميات والأوراق. وقد حققت المعاملة L_2F_3 أعلى متوسط لطول الورقة (102 سم) مما يؤدي إلى زيادة كفاءة النبات في استقبال أشعة الشمس وبالتالي زيادة معدل التمثيل الضوئي.

توافقت هذه النتائج مع (Glowacka et al., 2020) الذي حصل على زيادة كبيرة في الكتلة الحيوية للمحاصيل النجيلية عند تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (60 م^3/هـ) مقارنة بسماد المزرعة FYM والاسمدة المعدنية. وتوافقت أيضا مع نتائج (Maydaa et al., 2017) بدراستهم حول تأثير سماد البيوغاز على نمو وانتاجية محصول الذرة الصفراء حيث أدى تطبيق سماد البيوغاز بمعدل (10 ل/م^2) مع السماد المعدني الأزوتي بمعدل (240 كغ/هـ) إلى زيادة معنوية في طول النباتات وعدد الأوراق ومساحة المسطح الورقي. أيضاً وجد (Khan et al., 2015) أن تطبيق سماد البيوغاز مع السماد المعدني بنسبة (1:1) قد أدى للحصول على ارتفاع أعظمي لنباتات الذرة و زيادة معنوية في المساحة الورقية وثخانة الساق.

إن الزيادة التدريجية في النمو الخضري بزيادة معدل إضافة سماد البيوغاز مع السماد المعدني وتفوقها على معاملة المزارع F يمكن أن تعزى إلى الدور الإيجابي لإضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية في تحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية، الذي انعكس على الامتصاص الأفضل للماء والعناصر المعدنية بواسطة الجذور وأدى إلى إعطاء نباتات طويلة وتشكيل مساحة ورقية جيدة وبالتالي الحصول على أعلى دليل للمسطح الورقي وتشابه ذلك مع نتائج (El-Gizawy and Salem, 2010). إضافة لاحتواء سماد البيوغاز على نسبة عالية من منشطات النمو promoting substances خاصة هرمون Indol Acetic Acid (IAA) الموجود أساسا في المخلفات العضوية إضافة إلى ما يتم تصنيعه ميكروبياً خلال عملية الهضم (Yu et al., 2010) هذه الهرمونات يستفاد منها النبات مباشرة وتسبب زيادة انقسام الخلايا في المناطق النشطة فيزيولوجيا كالقمم النامية والأوراق الفتية وتشكيل خلايا جديدة الأمر الذي يؤدي لزيادة استطالة النبات وتشكيل أوراق جديدة وزيادة مساحتها.

1- 2- الوزن الرطب والوزن الجاف للمجموع الخضري:

تعد الذرة الصفراء من المحاصيل السريعة النمو والغزيرة الإنتاج فهي خلال مدة زمنية قد لا تتجاوز الـ 3 أشهر من النمو ممكن أن تعطي حاصل علف أخضر قد يتعدى (70 طن/هـ) لذا فإن إضافة العناصر الغذائية عن طريق التسميد المعدني أو العضوي يعتبر عاملا هاماً ومحدداً لمستوى إنتاجية وحدة المساحة وخاصة في الأراضي الفقيرة بالمادة العضوية (Kole, 2010). وبالفعل كان نمو الذرة الصفراء في معاملة الشاهد C محدوداً حيث كان الوزن الرطب والوزن الجاف للمجموع الخضري في مرحلة تكوين النورة الزهرية المذكرة منخفضا بشكل معنوي مقارنة بباقي المعاملات (جدول 5) وتحسن النمو تدريجياً بزيادة معدلات التسميد، ومن المعروف بأن زيادة المادة النباتية الجافة في معاملة ما يشير إلى تفوق تراكم الكربوهيدرات في أنسجتها.

جدول (5) تأثير المعاملات المدروسة على الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري في مرحلة تكوين النورة المذكرة (VT).

المعاملة	الوزن الرطب (غ / نبات)	الوزن الجاف (غ / نبات)
C	862^{d}	79.0^{e}
L_1F_1	867^{cd}	85.2^{de}
L_2F_1	898^{bcd}	86.7^{de}
L_3F_1	890^{cd}	94.3^{cd}
L_1F_2	996^{ab}	97.5^{bc}
L_2F_2	999^{ab}	102.1^{abc}
L_3F_2	1019^{a}	106.9^{ab}
L_1F_3	967^{abc}	92.6^{cd}
L_2F_3	1035^{a}	100.6^{bc}
L_3F_3	1058^{a}	111.5^{a}
F	998^{ab}	95.2^{bcd}
$LSD_{0.05}$	**103.7**	**10.64**
CV%	**7.7**	**7.96**

بينت نتائج تحليل التباين كما هو واضح في الجدول (5) تأثير معنوي لإضافة سماد البيوغاز على الوزن الرطب للمجموع الخضري حيث تفوقت معاملات L_3F_3 ، L_2F_3 و L_3F_2 على باقي المعاملات وأدت إلى زيادة في الوزن الرطب بمعدل 23% ، 20% و 18.2% مقارنة بمعاملة الشاهد C، على التوالي. وتوافق ذلك مع نتائج (Makadi et al., 2007) في دراسة مقارنة حول تأثير سماد البيوغاز والسماد الحيوي (*Phylazonit MC*) على انتاجية الذرة العلفية، وجد أن إضافة سماد البيوغاز بمعدل يتناسب مع حاجة المحصول من عنصر النيتروجين N أدت إلى زيادة في الوزن الرطب للمجموع الخضري بمعدل 47.8% مقارنة بمعاملة الشاهد وفسر ذلك بالمحتوى العالي لسماد البيوغاز بالعناصر الغذائية بصورة متاحة للنبات وخاصة $N\text{-}NH_4^+$ إضافة إلى زيادة النشاط الأنزيمي في التربة. حيث يعد الأزوت N أهم العناصر الكبرى لزيادة النمو الخضري، ونباتات الذرة الصفراء تستجيب بشدة للتسميد الأزوتي، وهذا ما يفسر النمو والتطور الجيد للمجموع الخضري في هذه المعاملات، اذ يعتبر سماد البيوغاز مصدرا سهلا وسريعا لأمداد النبات بالنيتروجين الأمونيومي (Kratzeisen et al., 2010).

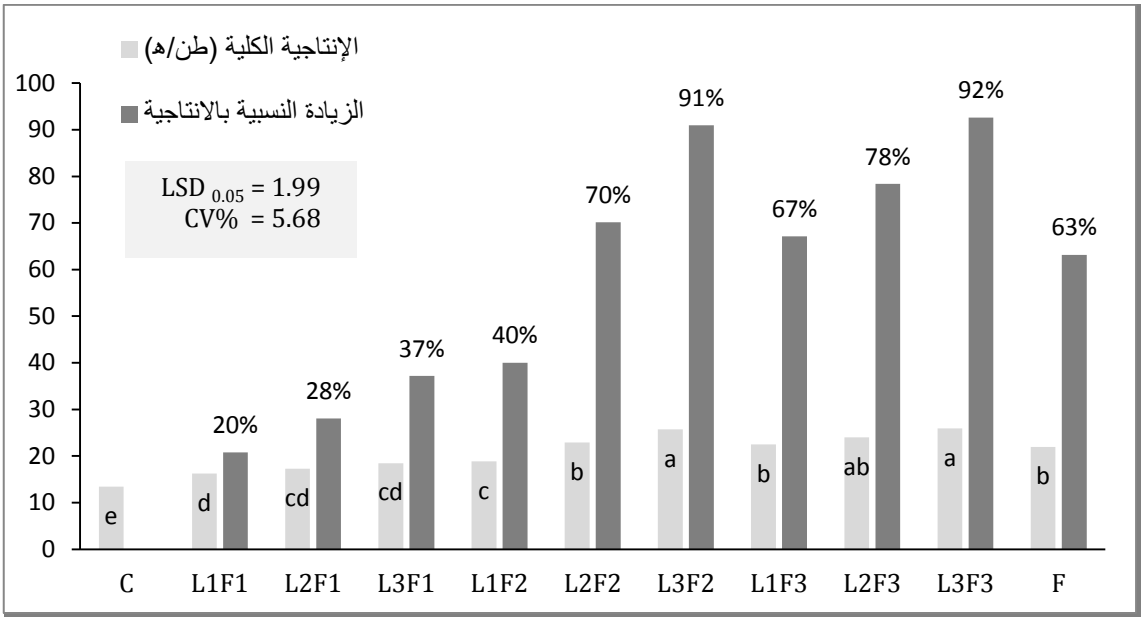
وبالرغم من عدم وجود فروق معنوية بين المعاملة L_3F_3 والمعاملة F بالنسبة للوزن الرطب غير أنها أظهرت معنوية عالية بالنسبة للوزن الجاف، بلغت قيمة الوزن الجاف في المعاملة L_3F_3 (111.5غ/نبات) يليها المعاملة L_3F_2 (106.9غ/نبات) بينما كانت قيمة الوزن الجاف في معاملة المزارع F (95.2غ/نبات). وهذا يعني أن سماد البيوغاز يسهم بتلبية الاحتياجات الغذائية للنبات بأفضل الطرق حيث أن المحتوى الرطوبي المنخفض يمنع نمو وانتشار الفطريات غير المرغوب بها والتي تسبب تعفن المنتجات الزراعية (Kourimska et al., 2012) وتتعلق نتائج الزيادة في إنتاج المادة الخضراء الجافة بشكل أساسي بالوزن الجاف للمجاميع الخضرية الناتجة وبالتالي تتأثر بمعدلات التسميد (سماد بيوغاز + سماد معدني) وتراكم الكربوهيدرات في النبات والتي ستؤدي حكما لاختلاف في ارتفاع النبات ودليل المسطح الورقي وغيرها من المعايير التي تحدد نمو النبات (Seleiman et al., 2017).

إن الزيادة الإحصائية المعنوية التي تم قياسها على جميع المؤشرات نتيجة التطبيق المشترك لسماد البيوغاز مع السماد المعدني مقارنة بمعاملة الشاهد C ومعاملة المزارع F (الجرعة المنصوح بها من السماد المعدني) تشير إلى فائدة سماد البيوغاز. ويعزى هذا التحسن الملحوظ في نمو المجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء في تربة لومية منخفضة الخصوبة عند تطبيق سماد البيوغاز مع السماد المعدني بمعدل 75% من التوصية السمادية إلى الدور الذي يلعبه سماد البيوغاز في تحسين الخواص الخصوبية للتربة كدرجة الـ pH و محتوى الـ C_{org} وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وخاصة النيتروجين (NH_4^+-N) الذي يعد عنصر اساسي في تركيب الكلوروفيل وفي تكوين المادة الجافة للنبات، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة التمثيل الضوئي وتصنيع الكربوهيدرات وتراكمها وبالتالي زيادة حجم الخلايا وانقسامها مما يؤدي إلى استطالة النبات وزيادة الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري. وتم الإشارة إلى نتائج مشابهة من قبل العديد من الباحثين (Makadi et al., 2012; Khan et al., 2015; Simon et al., 2015; Glowacka et al., 2020)

2- تأثير معاملات التجربة على الإنتاجية الكلية للمحصول عند الحصاد (مرحلة النضج الفيسيولوجي R6):

أقل قيمة للإنتاجية الكلية كانت في معاملة الشاهد C (13.47 طن/هـ) بينما سجلت أعلى قيم في المعاملتين L_3F_3 وL_3F_2 وكانت (25.94 و 25.72 طن/هـ)، على التوالي. وقد أظهرت نتائج تحليل التباين تفوق هاتين المعاملتين على باقي المعاملات بمعنوية عالية ماعدا المعاملة L_2F_3 التي سجلت 24.03 (طن/هـ) وتشابهت هذه النتائج مع (Maydaa et al., 2017) الذي وجد بأن أعلى إنتاجية لمحصول الذرة الصفراء (عرنوس كامل) وجدت في معاملة خلط السماد المعدني الأزوتي بمعدل (24 كغ N/هـ) مع المستوى الثالث من سماد البيوغاز. لوحظ عدم وجود فرق معنوي بين معاملة التسميد المعدني F والمعاملات L_2F_2 و L_3F_1 كما يظهر في (الشكل 1) ويشير ذلك إلى أن تطبيق سماد البيوغاز المستخدم في الدراسة الحالية بمعدل 15 (ل/م^2) يمكن أن يغني عن 50% من التوصية السمادية لمحصول الذرة الصفراء.

يمكن تفسير سبب زيادة الانتاجية الكلية كنتيجة مباشرة لزيادة المؤشرات المورفولوجية المرتبطة بها، فمثلا الأثر الإيجابي لسماد البيوغاز في زيادة دليل المسطح الورقي سيؤدي حكما إلى زيادة في كفاءة عملية التمثيل الضوئي إضافة إلى زيادة الفعاليات الأنزيمية التي لها دور هام في استطالة الجذور وتحفيز نمو الشعيرات الجذرية وزيادة كثافتها و بالتالي تشجيع امتصاص الماء والعناصر الغذائية وزيادة تراكم البروتين والمواد الكربوهيدراتية المصنعة في أنسجة النبات والحبوب (Seleiman et al., 2017).



شكل (1) يوضح معدل الزيادة النسبية بالإنتاجية الكلية للمحصول وفقا لمعاملات التجربة

لوحظ أيضا عدم وجود فروق معنوية بين L_3F_3 و L_3F_2 وأدت هاتين المعاملتين إلى زيادة الانتاجية بنسبة تجاوزت 90% مقارنة بالشاهد وبنسبة تقارب 30% مقارنة بمعاملة F (100% توصية سمادية). فسماد البيوغاز بمحتواه العالي من العناصر الغذائية وخاصة N يسبب زيادة في إنتاج الكتلة الحيوية فوق سطح التربة للمحاصيل النجيلية والبقولية (Stinner et al., 2008) وإن فعالية استخدامه كسماد عضوي مكمل أو بديل للأسمدة المعدنية تعتمد على تركيبه (طبيعة المواد العضوية المتخمرة) وعلى سير عملية الهضم وعلى النوع النباتي وطريقة إضافته للتربة ويشار إلى أن الهضم المشترك لمخلفات عضوية مختلفة (نباتية وحيوانية المصدر) يؤدي للحصول على سماد بيوغاز أكثر جودة (Moller and Stinner, 2010).

الاستنتاجات والتوصيات

1. نستنتج أن إضافة سماد البيوغاز مع الأسمدة المعدنية قد أدت إلى تحسين الخواص الخصوبية للتربة الأمر الذي انعكس ايجابياً على الامتصاص الأفضل للماء والعناصر الغذائية من قبل جذور النباتات وبالتالي إعطاء نباتات طويلة وذات مساحة ورقية جيدة.

2. الزيادة في الوزن الجاف للمجاميع الخضرية التي سجلت في المعاملة L_3F_3 و L_3F_2 مقارنة بمعاملة التسميد المعدني F تشير إلى زيادة تصنيع وتراكم الكربوهيدرات في أنسجة النبات وهذا يشير إلى زيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي كنتيجة مباشرة لزيادة امتصاص النيتروجين وزيادة المساحة الورقية للنبات.

3. إن الزيادة المعنوية التي سجلت للمؤشرات المورفولوجية المدروسة في المعاملة L_3F_3 و L_3F_2 أدت لزيادة الانتاجية الكلية للنبات بنسبة تجاوزت 90% مقارنة بمعاملة الشاهد C.

وبناءً على هذه النتائج نقترح ما يلي:

✓ استخدام سماد البيوغاز الناتج عن الهضم المشترك لماء الجفت مع الروث البقري كسماد عضوي مكمل للأسمدة المعدنية دون أي تأثيرات ضارة وبالتالي المساهمة بالتخلص من هذه المخلفات بطريقة اقتصادية وآمنة بيئياً.

✓ اعتماد المعاملة L_3F_2 (20 ل/م2 سماد بيوغاز + 50% توصية سمادية) في تحقيق أكبر نمو خضري للنبات والحصول على أعلى انتاجية وفي نفس الوقت توفير ثمن الأسمدة المعدنية بنسبة 50%.

Reference

1. ALZOUBI, M. M., ALHOSSNY, A. M. and DRGHAM, H. *Analysis Methods for Soil, Plant, Water and Fertilizers.* Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), 2013, p 223.
2. BEADLE, L. C. *Techniques in Bio-productivity and Photosynthesis*. Pergamon press, Oxford, New york, Toronto, 1989.
3. EL-GIZAWY, N. K. B. and SALEM, H. M. *Influence of Nitrogen Sources on Yield and its Components of Some Maize Varieties.* World Journal of Agricultural Sciences. Vol. 6, No. 2, 2010, 218-223.
4. FAO. *Methods of Analysis for Soils of Arid and Semiarid Regions*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 2007. www.FAO.com
5. FAO/ WFP. *Crop and Food Security Assessment Mission to The Syrian Arab Republic.* Special Report. FAO, Rome, 2017, p 56.
6. GLOWACKA, A., SZOSTAK, B. and KLEBANIUK, R. *Effect of Biogas Digestate and Mineral Fertilization on the Soil Properties and Yield and Nutritional Value of Switchgrass Forage.* Agronomy. Vol. 10, 2020, 490.
7. JONES, J. B. *Laboratory Guide for Conducting Soils Tests and Plant Analysis.* CRC Press, Boca Raton Florida, USA, 2001. p 408.
8. KHAN, S. A., MALAV, L. C., KUMAR, S., MALAV, M. K. and GUPTA, N. *Resource Utilization of Biogas Slurry for Better Yield and Nutritional Quality of Baby Corn.* Advances Environ. Agric. Sci., 2015, 382-394.
9. KOLE S. G. *Response Baby Corn (Zea Mays) to Plant Density and Fertilizer Levels.* Master of Sci. Agri. , Dep. Col. Uni. Dharwad, 2010.
10. KOURIMSKA, L., POUSTKOVA, I. and BABICKA, L. *The Use of Digestate as A Replacement of Mineral Fertilizers for Vegetables Growing.* Scientia agriculturae bohemica, Vol. 43, No. 4, 2012, 121–126.
11. KRATZEISEN , M., STARCEVIC, N., MARTINOV, M., MAURER, C. and MULLER, J. *Applicability of Biogas Digestate as Solid Fuel.* Fuel, 89, 2010. 2544–2548.
12. LIU, F., LI, Z., LI, Q. and WANG, Z. *Effects of Combined Application of Biogas Digestate and Chemical Fertilizer on The Yield and Quality of Sweet Maize.* Chinese Journal of Soil Science, 3, 2009: 24–26.
13. MAKADI, M., TOMOCSIK, A., OROSZ, V. and MARTON, A. *Effect of Digestate and Phylazonit MC on The Yield of Silage Maize and The Biological Activity of The Soil.* Agrokémia és Talajtan. Vol (56) No (2) 2007, pp. 367-378.
14. MAKADI, M., TOMOCSIK, A., OROSZ, V. *Digestate: A New Nutrient Source – Review.* Biogas, Dr. Sunil Kumar, 2012, ISBN: 978-953-51-0204-5, In Tech, Available from: www.intechopen.com.
15. MAYDAA, L., ZAHER, Z., KRIDI, N. and EID, H. *The Effect of Different Levels of Nitrogen Fertilizer and Manure Biogas on the Productivity of Maize and Some Soil Properties.* Syrian Journal of Agricultural Research. Vol (4) No(2), 2017, 120-128.

16. MOLLER, K. and MULLER, T. *Effects of Anaerobic Digestion on Digestate Nutrient Availability and Crop Growth: A Review*. Eng. Life Sci. Vol (12) No (3), 2012, 242–257.
17. MOLLER, K. and STINNER, W. *Effects of Organic Wastes Digestion for Biogas Production on Mineral Nutrient Availability of Biogas Effluents.* Nutr. Cycl. Agroecosys. 2010, 87, 395–413.
18. RAHMAN, S. M. E., ISLAM, M. A. and RAHMAN, Oh. DH. *Effect of Cattle Slurry on Growth, Biomass Yield and Chemical Composition of Maize Fodder*. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 21, 2008, 1592-1598.
19. SELEIMAN, M. F., SELIM, S., JAAKKOLA, S. and MAKELA, P. S. A. *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.
20. SIMON, T., KUNZOVA, E. and FRIEDLOVA, M. *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), 2015, 522-527.
21. STINNER, W., MOLLER, K. and LEITHOLD, G. *Effect of Biogas Digestion of Clover/Grass-leys, Cover Crops and Crop Residues on Nitrogen Cycle and Crop Yield in Organic Stockless Farming System.* European Journal of Agronomy, Vol. 29, No. 2-3, 2008, pp. 125-134.
22. VASINKA, M. and BADALIKOVA, B. *Changes in Soil Properties Due to Application of Digestate.* International Scientific Journal, Year LXV, Issue 4, 2019, pp. 129-131.
23. YELLOW CORN BOOK. Crops Researches Administration, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria. 2008, p 48.
24. YU, F., LUO, X., SONG, C., ZHANG, M. and SHAN, S. *Concentrated Biogas Slurry Enhanced Soil Fertility and Tomato Quality.* Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci. 2010, 60, pp 262–268.