

УДК 631.861:631.87

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОУДОБРЕНИЯ  
«ЭФФЛЮЕНТ» ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ  
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Д.В. Ляшук<sup>1</sup>, В.А. Сатншур<sup>2</sup>, С.К. Михайлова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – УО «Гродненский государственный аграрный университет».

г. Гродно, Республика Беларусь

<sup>2</sup> – ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

г. Брест, Республика Беларусь

*(Поступила в редакцию 30.06.2014 г.)*

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения эффективности применения биоудобрения «Эффлюент» при возделывании кукурузы сорта Рикордино на дерново-подзолистой супесчаной почве. Полевыми исследованиями, установлено, что применение данного органического удобрения существенно повышает урожайность и качественные показатели зеленой массы кукурузы. Максимальная продуктивность кукурузы 140,9 ц корм. ед. получена в результате применения 26,1 т/га биоудобрения «Эффлюент» ( $N_{4,6}P_{2,9}K_{2,1}$ ), при этом выход обменной энергии в сухом веществе составил 11,9 мДж/кг.

*Summary.* Field studies conducted in the western part of the Brest region with maize variety Ricardinio cultivated on sod-podzolic loamy sandy soil have shown that applying of «Biofertilizer effluent» significantly increases the yield and the quality of green mass. Maximum corn productivity of 140,9c fodder units has been obtained as a result of applying of 26,1 t/ha of «Biofertilizer effluent»(N<sub>4</sub>,P<sub>2</sub>,K<sub>2</sub>). The output of the exchange energy in the dry matter was 11,9 MJ/kg.

**Введение.** Органические удобрения – мощное средство воспроизводства органического вещества в пахотных почвах. Гумус повышает устойчивость почвы к неблагоприятным погодным условиям, снижает возможное отрицательное влияние на растения некоторых негативных свойств минеральных компонентов почвы.

В последние годы значительно снизились объемы производства всех видов органических удобрений. Внесение органических удобрений недостаточно для поддержания не только положительного, но и бездефицитного баланса гумуса и элементов питания в пахотных почвах Республики Беларусь.

Для получения продуктивности 40-60 ц к.ед./га пашни и бездефицитного баланса гумуса необходимо довести уровень внесения органических удобрений до 10 т/га. Применение традиционных форм органических удобрений – солоमистого и торфяного навоза – экономически выгодно, рентабельность составляет 38-44%. Однако такие факторы, как сокращение объема применения торфа в качестве компонента органических удобрений, нерентабельность использования сапропелей, обуславливают необходимость поиска дополнительных источников органического вещества. Таким источником может быть жидкое органическое биоудобрение «Эффлюент», образуемое в результате анаэробного сбраживания отходов в биогазовой установке.

Внедрение альтернативных источников энергии является одним из приоритетных направлений развития энергетической отрасли Республики Беларусь. Потенциал производства биогаза в Беларуси достаточно высок: 51 крупная ферма КРС (на 200 тыс. голов); 69 свиноплексов (на 1,2 млн. голов); 17 птицефабрик и 48 птицеводческих комплексов (на 21 млн. голов).

В 2008 г. одним из первых в Беларуси введен в эксплуатацию биогазовый энергетический комплекс, работающий на свином навозе, в РУСП «Селекционно-гибридный центр «Западный» Брестского района мощностью 0,52 МВт [5, 6, 7]. В том же году заработала биогазовая установка в РУП «Племптицезавод «Белорусский» Минского района мощностью 0,34 МВт, работающая на птичьем помёте. В декабре 2011 г. в г. Бресте запущена первая очередь мусороперерабатывающего завода с биогазовым энергетическим комплексом мощностью

2,0 МВт, работающим на осадке сточных вод. В том же году введена в эксплуатацию биогазовая установка в СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района Минской области мощностью 2,0 МВт, работающая на отходах КРС и мясоубойного цеха. Одна биогазовая установка в республике работает на свалочном газе в Тростенце мощностью 2,0 МВт. Две биогазовые установки на Бобруйском заводе биотехнологий и Березинском спиртзаводе работают на сырье пищевой промышленности. В ноябре 2012 г. закончено строительство биогазовой установки в СПК «Рассвет» Кировского района Могилёвской области мощностью 4,8 МВт, работающей на навозе, силосе, отходах тепличного комбината. Данная биогазовая установка является самой мощной в республике и второй по мощности в Европе. В результате реализации Программы строительства энергоисточников, работающих на биогазе на 2010-2015 гг. (постановление Совета министров № 1115 от 23 декабря 2013 г.), будет введено в эксплуатацию 32 биогазовых установки суммарной электрической мощностью 34,71 МВт.

Только на первой биогазовой установке в КСУП «СПЦ «Западный» образуется в год более 40 тыс. т ферментированных удобрений. Следует отметить, что к настоящему времени еще не сложилось однозначного мнения о биологической ценности ферментированных удобрений. «Эффлюент» – это жидкое органическое удобрение, полученное в результате анаэробного брожения органических отходов в ферментерах-метантенках [4, 3]. Существуют сведения, что одним из таких видов ферментированных удобрений является «Эффлюент». По сравнению с другими видами удобрений (навозом, пометом, минеральными удобрениями), это наиболее ценное органическое удобрение [9, 10, 2, 1]. Высокую эффективность «Эффлюента» авторы объясняют большей доступностью в нем элементов питания, наличием физиологически активных соединений, стимулирующих рост и развитие растений, повышающих их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания.

Результаты исследований белорусских ученых В.В. Лапы, Т.М. Серой, Е.Н. Богатырёвой [8] свидетельствуют об аналогичном влиянии на урожайность зеленой массы кукурузы органических удобрений, получаемых на выходе биогазовых установок, и органических удобрений, используемых для производства биогаза (свинные навозные стоки, подстилочный навоз КРС), внесенных в дозах, выровненных по азоту.

Резюмируя выше сказанное, следует отметить, что существует необходимость изучения вопросов эффективности применения «Эффлюента» в сравнении с традиционными органическими удобрениями (навозом, стоками) в растениеводстве.

**Цель работы** – изучить влияние и эффективность биоудобрения «Эффлюент» на урожайность зеленой массы кукурузы при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

**Материалы и методика исследований.** Полевые исследования проводились в КСУП «СГЦ «Западный» Брестского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,9 м суглинком в 2012-2013 гг. Агрохимическая характеристика почвы: содержание подвижного калия 198 мг/кг почвы, содержание подвижного фосфора 261 мг/кг почвы, содержание гумуса 1,67%, кислотность  $pH_{KCl}$  5,5. Опыт заложен в 4-кратной повторности. Общая площадь делянки –  $5 \times 10 = 50 \text{ м}^2$ .

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль; 2. Подстилочный навоз ( $N_{4,5}P_{1,9}K_{6,0}$ ) 26,7 т/га; 3. Навозные стоки ( $N_{1,4}P_{0,5}K_{0,1}$ ) 85,7 т/га; 4. Биоудобрение эффлюент ( $N_{4,6}P_{2,9}K_{2,1}$ ) 26,1 т/га; 5.  $N_{120}P_{60}K_{120}$ . Дозы органических удобрений рассчитаны на  $N_{120}$ , исходя из фактического содержания в них азота.

Агротехника возделывания кукурузы общепринятая для Республики Беларусь. Включала зяблевую вспашку, весеннюю культивацию для закрытия влаги и заделки удобрений, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-3,6. Посев кукурузы производился СКН-6. Срок сева кукурузы – 1 декада мая. Норма высева – 1,8 посевных единиц. Способ посева широкорядный. Для борьбы с сорной растительностью был применен гербицид Люмакс в дозе 4,0 л/га. Минеральные удобрения были внесены в виде мочевины, простого суперфосфата, хлористого калия. Учет урожая был проведен поделочно. Взвешивание продукции проводилось на электронных весах.

Агрохимические свойства почвы определяли по общепринятым методикам: гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213 – 84),  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483 – 85), подвижные формы фосфора и калия – из 0,2 н вытяжки HCL по методу Кирсанова (ГОСТ 26207–91) с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре, калия на пламенном фотометре.

Анализ растительных образцов проведен в лаборатории биохимии ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» – аккредитованной в соответствии с требованиями СТБ ИСО/МЭК 17025 (проведение исследований в области оценки качества кормов).

Оценку качества и зоотехнический анализ кормов, обменную энергию, выход кормовых единиц рассчитывали по ГОСТ 27978-88 п.3. Содержание нитратов определяли по ГОСТ 13496.19-93. Сухое вещество определяли по ГОСТ 27548-97 п.5, п.7, сырую клетчатку по

ГОСТ 13496.2-91, сырой протеин по ГОСТ 13496.4-93 п.2, переваримый протеин, переваримую клетчатку по методу Е.Н. Мальцевской, Г.С. Миленькой.

Статистическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ на компьютере.

Метеорологические условия в период проведения исследований существенно различались по годам как по температурному режиму, так и количеству выпавших осадков, и представлены по данным Брестской метеостанции.

Среднесуточные температуры воздуха в вегетационные периоды 2012-2013 гг. превышали климатическую норму, что повлияло на формирование урожайности кукурузы (рисунок 1).



Рисунок 1 – График температуры воздуха в вегетационные периоды 2012-2013 гг.

Распределение осадков в периоды вегетации было довольно неравномерным (рисунок 2).

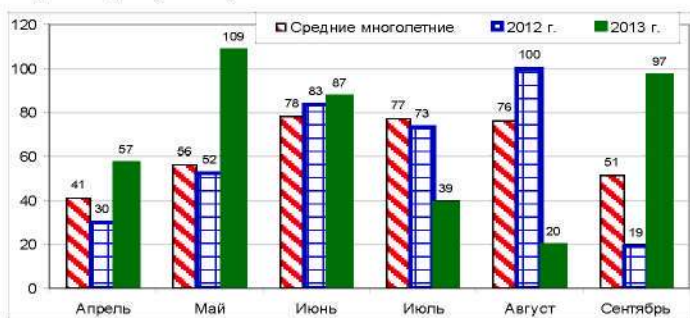


Рисунок 2 – Количество осадков (мм) в вегетационные периоды 2012-2013 гг.

Для 2012 г. характерным являлось недостаточное выпадение осадков в фазе всходов и умеренное количество в июне-июле. В 2013 г. количество осадков было повышенным в первую половину вегетации и меньше нормы в другую половину вегетации.

На основании проведенного анализа погодных условий можно отметить, что климатические условия оказали свое влияние на формирование урожайности кукурузы и величину прибавки от применения органических удобрений.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На основании проведенных комплексных агрохимических анализов, используемых в опыте органических удобрений, установлены их качественные показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Качественные показатели органических удобрений, в расчете на естественную влажность

Показатель	Органические удобрения		
	навозные стоки	подстилочный навоз КРС	биоудобрение «Эффлюент»
N, %	0,20	0,38	0,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,10	0,40	0,29
K <sub>2</sub> O, %	0,10	0,80	0,21
CaO, %	0,04	0,15	0,14
MgO, %	0,03	0,09	0,06
Зольность, %	26,5	7,06	14,0
Органическое вещество, %	0,80	19,2	5,1
Отношение C/N	0,30	25,5	0,84
Сухое вещество, %	1,3	26,3	5,0
Влажность, %	97,7	73,3	87,9
pH <sub>KCl</sub>	7,1	9,2	8,3

Из данных таблицы 1 видно, что химический состав используемых органических удобрений имеет широкое соотношение показателей. Высокое содержание элементов питания N<sub>4,6</sub>P<sub>2,9</sub>K<sub>2,1</sub> кг/т в биоудобрении «Эффлюент» объясняется тем, что для увеличения выхода биогаза в метантенках КСУП СГЦ «Западный» кроме стоков свинокомплекса используются различные отходы производства (зерноотходы, рыбные и мясные отходы).

Полученные данные показывают, что за счет почвенного плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы растения кукурузы сформировали урожай зеленой массы на уровне 270,9 ц/га (таблица 2). В вариантах с применением органических и минеральных удобрений наблюдается тенденция увеличения урожайности зеленой массы кукурузы.

Однако влияние различных доз удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы было неодинаковым. Использование под кукурузу

минеральных удобрений  $N_{120}P_{60}K_{120}$  кг/га д.в. обеспечило увеличение урожайности на 172,6 ц/га. Внесение жидких органических удобрений повышало урожайность зеленой массы кукурузы на 92,0-104,8 ц/га. Существенную прибавку урожайности зеленой массы кукурузы (104,8 ц/га) обеспечило внесение биоудобрения «Эффлюент» в дозе 26,1 т/га ( $N_{120}$ ).

Таблица 2 – Влияние применения органических удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы

№	Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка, ц/га
		2012 г.	2013 г.	среднее	
1.	Контроль	286,7	255,2	270,9	-
2.	Подстилочный навоз ( $N_{4,3}P_{1,9}K_{6,0}$ ) 26,7 т/га	317,8	289,2	303,5	32,6
3.	Навозные стоки ( $N_{1,4}P_{0,3}K_{0,1}$ ) 85,7 т/га	380,0	345,8	362,9	92,0
4.	Биоудобрение «Эффлюент» ( $N_{4,6}P_{2,9}K_{2,1}$ ) 26,1 т/га	389,3	362,0	375,7	104,8
5.	$N_{120}P_{60}K_{120}$ кг/га д.в.	464,4	422,6	443,5	172,6
НСР <sub>05</sub>		18,3	16,8	17,4	17,4

Для кукурузы особое значение имеют органические удобрения, которые являются источником макро- и микроэлементов. Использование твердых органических удобрений не привело к существенному повышению урожайности кукурузы, чем при внесении жидких удобрений. В подстилочном навозе в легкодоступной для растений форме находится лишь небольшое количество питательных элементов, основная же часть их усваивается растениями после минерализации навоза. В начальный период вегетации кукуруза растет медленно и поглощает немного элементов питания. Но они должны быть в достаточном количестве и находиться в доступной форме. Используя жидкие органические удобрения, мы максимально оптимизируем питательные вещества в почве, необходимые растениям на разных стадиях роста и развития.

Удобрения повышали урожайность кукурузы, изменяли ее химический состав и качество полученной продукции (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние применения органических удобрений на качество зеленой массы кукурузы (среднее за 2012-2013 гг.)

Показатели	Вариант						НСР <sub>05</sub>
	контроль	подстилочный навоз 26,7 т/га	навозные стоки 85,7 т/га	биоудобрение «Эффлюент» 26,1 т/га	$N_{120}P_{60}K_{120}$ кг/га д.в.		

1	2	3	4	5	6	7
Сухое вещество, %	27,5	28,8	31,6	31,2	32,2	1,5
Нитраты, мг/кг	288	398	402	403	406	19
Переваримый протеин, г/кг	30,9	32,1	33,3	34,8	30,2	1,6

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Переваримая клетчатка, г/кг	36,0	33,2	30,4	28,3	35,2	1,6
Кормовые единицы в сухом веществе	0,95	1,03	1,15	1,16	1,08	0,10
в зеленой массе	0,27	0,31	0,37	0,38	0,35	0,05
Выход корм.ед., ц/га	71,8	92,6	132,5	140,9	155,2	5,9
Обменная энергия в сухом ве- ществе, мДж/кг	10,8	11,2	11,9	11,9	11,5	0,6

В среднем за два года содержание сухого вещества изменялось в зависимости от вида органического удобрения и вариантов опыта. Максимальное содержание сухого вещества отмечено в трех вариантах (31,2-32,2%).

В данном опыте отмечено, что с увеличением дозы органических удобрений, содержание нитратов в зеленой массе кукурузы увеличилось на 110-118 мг/кг, однако осталось ниже значения ПДК для зеленых кормов 500 мг/кг. Внесение органических удобрений увеличивало содержание в кукурузе переваримого протеина, а содержание клетчатки, наоборот, снижалось. В итоге возросло содержания кормовых единиц в сухом веществе и зеленой массе кукурузы. Выход кормовых единиц с 1 га составил: 83,4 ц – от внесения  $N_{120}P_{60}K_{120}$ , 20,8 ц – от внесения 26,7 т/га подстилочного навоза, 60,7 ц – от внесения 85,7 т/га навозных стоков, 69,1 ц – от внесения 26,1 т/га биоудобрения «Эффлюент». Максимальная концентрация обменной энергии в сухом веществе составила 11,9 мДж/кг в вариантах с применением навозных стоков и биоудобрения «Эффлюент».

**Заключение.** Внесение биоудобрения «Эффлюент» на дерново-подзолистой супесчаной почве в дозе 26,1 т/га обеспечивает увеличение урожайности зеленой массы кукурузы на 104,8 ц/га, при этом окупаемость 1 тонны составляет 4 ц зеленой массы. Прибавка кормовых единиц с 1 га от внесения 26,1 т/га биоудобрения «Эффлюент» составляет 69,1 ц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Plaixats, J. Characterization of the effluent residue from anaerobic digestion of pig excreta for its utilization as fertilizer. – *Agrochimica*. 1988. – 32, 2/3. – 236-239 p.
2. Vetter, H. The influence of different processing methods for slurry upon its fertilizer value on grassland // *Developments in plant and soil sciences*. – 1987. – 30. – 73-86 p.
3. ГОСТ Р 52808-2007 Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 53042-2008 Удобрения органические. Термины и определения.



5. Казакова, В. Про биогаз в который раз / В. Казакова // Белорусская думка. – 2007. – №11. – 76–78 с.
6. Клочков, А.В. Биоэнергетика в структуре сельского хозяйства / А.В. Клочков, Д.В. Кацер. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – 48 с.
7. Кобяк, О. Экономично и экологично / О. Кобяк // Беларуская думка. – 2008. – №1. – 102-103 с.
8. Лапа, В.В. Эффективность внесения органических удобрений, получаемых на выходе действующих биогазовых установок при возделывании кукурузы на дерново-подзолистых почвах / В.В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2010. – №4(71). – 24-27 с.
9. Мерзлая, Г.Е. Применение сброженного куриного помета в качестве удобрения // Анаэробная биологическая обработка сточных вод / Г.Е. Мерзлая, Н.А. Слизовская. – Казань, 1988. – 159-160 с.
10. Тарасов, С.И. Эффективность применения метангенерированного навоза / С.И. Тарасов // Управление производственным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы: материалы научно-практ. конф. – Белгород: «Отчий край», 2010. –61-64 с.