

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Л.Н. Иовик^{1,2}, Т.М. Серая¹

*¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

*²Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
г. Брест, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза – основная силосная культура в сельском хозяйстве Республики Беларусь. Ежегодно в стране заготавливается около 20 млн т кукурузного силоса. Главным преимуществом культуры является прежде всего ее высокая продуктивность и хорошие питательные свойства при сравнительно низких затратах на производство. Для силосования, как правило, используют кукурузу молочно-восковой и восковой спелости зерна, когда содержание переваримых питательных веществ и энергии достигает своего максимума.

Условия современного хозяйствования и использование технологий интенсивного типа требуют получения высоких урожаев кукурузы хорошего качества. Основным приемом, направленным на достижение этой цели, является применение минеральных и органических удобрений [1]. При планировании урожайности должно учитываться не только состояние почвенного плодородия, но и экономическая значимость возделывания культуры [2].

Для формирования высоких урожаев растениям кукурузы необходимы значительные количества питательных элементов на протяжении всего вегетационного периода. Поэтому при возделывании кукурузы целесообразно вносить органические удобрения, обладающие пролонгированным действием и способные обеспечить культуру питательными элементами в течение длительного периода времени [3].

Многие сельхозпредприятия нашей страны испытывают нехватку традиционных органических удобрений. Их недостаток, возможно, частично компенсировать за счет альтернативных удобрений на основе отходов промышленности. Одним из таких отходов является осадок биогазовой установки, который образуется в результате анаэробного брожения органического сырья. Исследования химического состава отхода говорят о его высоких потенциальных возможностях влияния на величину урожая культур. Причем питательная ценность жидкого осадка определяется в первую очередь компонентами исходного сырья.

В Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси (г. Брест) получены твердые виды органических удобрений на основе отходов биогазовой установки ОАО «Селекционно-гибридный центр «Западный» (Брестский р-н) пу-

тем добавления различных компонентов и последующего гранулирования. Новые виды и формы удобрений ранее не изучались.

Цель исследований – изучить эффективность жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки при возделывании кукурузы на зеленую массу.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2013–2014 гг. в стационарном полевом опыте на территории ОАО «СГЦ «Западный» Брестского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,9 м суглинком. Пахотный слой до внесения удобрений имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} – 5,5, гумус – 1,67%, подвижные формы P_2O_5 – 198 мг/кг, K_2O – 261 мг/кг, обменные формы CaO – 1158 мг/кг, MgO – 132 мг/кг.

Объекты исследований – кукуруза сорт Рикардинио, подстилочный навоз КРС, отход грибного производства, свиные навозные стоки, эффлюент биогазовой установки, сложный компост, органоминеральное удобрение Биоудобрение–Гранулированное.

Жидкое органическое удобрение «Эффлюент» (далее – эффлюент) представляет собой жидкий отход биогазовой установки ОАО «СГЦ «Западный», полученный в результате сбраживания навозных стоков (30%), твердой фракции отсепарированных на дуговых ситах навозных стоков с примесью отходов бойни (30%), отходов рыбного производства (20%), зерноотходов (10%) и жидких ферментированных отходов (10%).

Органоминеральное удобрение Сложный компост (далее – сложный компост) получен путем смешивания отсепарированного отхода биогазовой установки (50%), торфа (24,5%), дефеката (24,5%) и хлористого калия (1%). Органоминеральное удобрение Биоудобрение–Гранулированное (далее – биоудобрение–гранулированное) состоит из тех же компонентов, что и сложный компост, прошедших в последующем сушку и грануляцию.

Отход грибного производства является отработанным компостом после выращивания шампиньонов ООО «БОНШЕ» (г. Брест).

Органические удобрения анализировали в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение влаги и сухого остатка (ГОСТ 26713–85), золы (ГОСТ 26714–85), общего азота (ГОСТ 26715–85), общего фосфора (ГОСТ 26717–85), общего калия (ГОСТ 26718–85) (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав вносимых органических удобрений

Вид удобрения	Влажность, %	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	C
		% на естественную влажность					
Подстилочный навоз КРС	79	0,41	0,35	0,40	0,21	0,07	10,0
Отход грибного производства	59	0,85	1,04	0,84	1,23	0,22	13,8
Свиные навозные стоки	99	0,19	0,05	0,06	0,01	0,01	0,3
Эффлюент	89	0,50	0,37	0,16	0,10	0,05	4,6
Сложный компост	45	0,71	1,19	1,44	3,35	0,32	9,1
Биоудобрение–Гранулированное	16	0,78	1,88	2,13	3,88	0,46	16,8

Определение показателей качества зеленой массы кукурузы проводили согласно общепринятым ГОСТ и соответствующим методикам: определение влаги и сухого вещества (ГОСТ 27548–97 п.4), сырой золы (ГОСТ 26226–95), общего азота и сырого протеина (ГОСТ 13496.4–93), сырой клетчатки (ГОСТ 13496.2–91), сырого жира (ГОСТ 13496.15–97), фосфора (ГОСТ 26657–97 п.4), калия (ГОСТ 30504–97), кальция (ГОСТ 26570–95 п.2.1), магния (ГОСТ 30502–97), переваримого протеина, переваримой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ и кормовых единиц (по [4]), обменной энергии (по [5]), нитратов (ГОСТ 13496.19–93 п.2).

Фосфорное удобрение в виде простого суперфосфата и калийное в виде хлористого калия вносили весной под культивацию, азотное в виде сульфата аммония в дозе N_{90} вносили под предпосевную культивацию и N_{60} – в подкормку в фазу 4–6 настоящих листьев кукурузы. Органические удобрения вносили весной под вспашку.

В опыте 12 вариантов в четырехкратной повторности. Общая площадь делянки – 50 м², учетная – 32 м². Предшественник кукурузы – озимое тритикале. Схема опыта включала варианты с органической и минеральной системами удобрения (табл. 2). Агротехника возделывания кукурузы общепринятая для Республики Беларусь [6]. Учет урожая осуществляли сплошным поделяночным способом. Статистическую обработку результатов исследований выполняли методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [7].

Таблица 2

Влияние жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки на продуктивность зеленой массы кукурузы, среднее за 2013–2014 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Окупаемость, кг зеленой массы	
			1 т орг. удобрений	1 кг NPK
1. Без удобрений (контроль)	423	–	–	–
2. $N_{90+60}P_{60}K_{150}$	557	134	–	37,2
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	538	115	192	16,2
4. Отход грибного производства, 30 т/га	536	113	377	13,7
5. Навозные стоки, 100 т/га	559	136	136	37,8
6. Навозные стоки, 200 т/га	624	201	101	27,9
7. Эффлюент, 35 т/га	568	145	414	40,2
8. Эффлюент, 70 т/га	623	200	286	27,7
9. Сложный компост, 40 т/га	528	105	263	7,9
10. Сложный компост, 60 т/га	595	172	287	8,6
11. Биоудобрение–Гранулированное, 20 т/га	490	67	335	7,0
12. Биоудобрение–Гранулированное, 30 т/га	548	125	417	8,7
HCP_{05}		40		

Баланс элементов питания рассчитывали согласно методике [8]. Расчет агрономической и экономической эффективности применяемых удобрений проводили по методике [9]. Используются последние нормативы затрат на технологические процессы и цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию. Показатели приведены в USD.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что урожайность зеленой массы кукурузы зависела от видов и доз применяемых удобрений. За счет почвенного плодородия урожайность зеленой массы составила 423 ц/га. Внесение минеральных удобрений $N_{90+60}P_{60}K_{150}$, 100 т/га навозных стоков и 35 т/га эффлюента (дозы, близкие по азоту), способствовало формированию урожайности кукурузы на уровне 557–568 ц/га. В вариантах с применением двойных доз жидких удобрений получена максимальная в опыте урожайность – 623 и 624 ц/га, что в 1,5 раза превысило этот показатель в контрольном варианте и на 12% в варианте с внесением $N_{90+60}P_{60}K_{150}$.

Внесение рекомендуемой под кукурузу дозы подстилочного навоза (60 т/га) и эквивалентной по азоту дозы отхода грибного производства (30 т/га) обеспечило прибавку зеленой массы 115 и 113 ц/га соответственно.

Применение твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки в разной степени влияло на урожайность культуры. По сравнению с другими изучаемыми удобрениями, 20 т/га биоудобрения–гранулированного и 40 т/га сложного компоста обеспечили наименьшую прибавку в опыте – 67 и 105 ц/га соответственно. Повышение доз удобрений до 30 т/га и 60 т/га увеличивало формирование дополнительного урожая зеленой массы примерно в 1,6–1,9 раза.

Важной характеристикой применяемых удобрений является оценка их агрономической эффективности, которая выражается оплатой единицы удобрения прибавкой полученной продукции.

Окупаемость 1 т изучаемых жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки была более высокой по сравнению с традиционными удобрениями. Наибольшие значения оплаты удобрений зеленой массой кукурузы были получены в вариантах с внесением 35 т/га эффлюента и 30 т/га биоудобрения–гранулированного – 414–417 кг. Использование повышенных доз биоудобрения–гранулированного увеличивало агрономическую эффективность в 1,2 раза, сложного компоста – в 1,1 раза. В то же время использование двойной дозы эффлюента (70 т/га) вызывало обратный эффект и снижало окупаемость удобрений в 1,5 раза.

Наиболее низкая окупаемость удобрений в опыте характерна для свиных навозных стоков: на 1 т получено 101–136 кг зеленой массы. Причем увеличение дозы в два раза (до 200 т/га) снижало агрономическую эффективность в 1,4 раза.

Довольно высокая окупаемость получена при внесении отхода грибного производства, где при дозе 30 т/га на 1 т получено 377 кг зеленой массы, что в 2 раза превышало значение от использования равнозначной по азоту дозы подстилочного навоза (60 т/га).

Оплата 1 кг NPK, содержащегося в органических удобрениях, в основном определялась количеством азота и степенью его доступности для культуры. Наибольшие значения окупаемости 1 кг NPK принадлежали жидким видам удобрений. Применение минеральных удобрений и эквивалентных с ними по азоту доз навозных стоков и эффлюента были равнозначными по эффективности. При этом оплата 1 кг NPK зеленой массой составила 37,2–40,2 кг. Увеличение доз жидких органических удобрений снижало показатель в 1,4–1,5 раза. Полученная прибавка урожая зеленой массы от твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки в значительно меньшей степени окупала вносимые питательные элементы и в среднем колебалась на уровне 7,0–8,7 кг.

В ходе исследований 2013–2014 гг. продуктивность кукурузы оценивалась не только величиной урожайности и ее прибавки от изучаемых удобрений, но и показателями качества зеленой массы. Кормовая ценность обуславливается в первую очередь количеством переваримых питательных веществ и выражается величиной обменной энергии (ОЭ) и количеством кормовых единиц (к.ед.). Валовое содержание минеральных веществ определяли показателем сырой золы. Помимо этого, изучали накопление нитратов в зеленой массе, которое сравнивали с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК).

Результаты химического анализа зеленой массы кукурузы показали, что содержание сырой золы в опыте находилось практически на одном уровне и незначительно варьировало по исследуемым вариантам (табл. 3). Данный показатель указывает на минеральную питательность растений. Наибольшее накопление сырой золы наблюдалось при удобрении навозными стоками – 4,71–5,02%, а наименьшее – при $N_{90+60}P_{60}K_{150}$ (3,97%).

Таблица 3

Влияние жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки на содержание элементов питания в сухом веществе зеленой массы кукурузы, среднее за 2013–2014 гг.

Вариант	Сырая зола, %	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Нитраты, мг/кг
1. Без удобрений (контроль)	4,67	1,52	0,82	2,16	0,25	0,32	98
2. $N_{90+60}P_{60}K_{150}$	3,97	1,67	0,85	2,64	0,24	0,30	89
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	4,06	1,65	0,89	2,78	0,28	0,33	56
4. Отход грибного производства, 30 т/га	4,19	1,64	0,93	2,79	0,31	0,32	61
5. Навозные стоки, 100 т/га	4,71	1,68	0,84	2,05	0,25	0,29	85
6. Навозные стоки, 200 т/га	5,02	1,74	0,92	2,14	0,25	0,31	96
7. Эффлюент, 35 т/га	4,02	1,69	0,87	2,13	0,24	0,30	72
8. Эффлюент, 70 т/га	4,26	1,77	0,99	2,57	0,27	0,32	84
9. Сложный компост, 40 т/га	4,33	1,65	0,85	2,95	0,30	0,31	79
10. Сложный компост, 60 т/га	4,61	1,72	0,93	3,40	0,32	0,32	84
11. Биоудобрение–Гранулированное, 20 т/га	4,63	1,66	0,85	2,92	0,31	0,32	83
12. Биоудобрение–Гранулированное, 30 т/га	4,70	1,73	0,96	3,30	0,35	0,33	90

Изучение макроэлементного состава позволило определить количество основных элементов питания в урожае зеленой массы. В целом по опыту, содержание азота составило 1,52–1,77%, фосфора – 0,82–0,99%, калия – 2,05–3,40%, кальция – 0,24–0,35% и магния – 0,29–0,33%. Наиболее значимое влияние применение удобрений оказывало на накопление калия. Самые высокие значения данного показателя были достигнуты при использовании твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки.

В ряде случаев азот органических и минеральных соединений может включаться в состав аммонийно-нитратных соединений – нитратов, накопление которых выше ПДК отрицательно сказывается на здоровье животного организма. Согласно Ветеринарно-санитарным правилам [10], ПДК нитратов в зеленой массе не должно превышать 500 мг/кг. Полученные лабораторные данные показали, что содержание нитратов в растительной продукции находится на уровне 56–98 мг/кг и не выходит за пределы установленного норматива.

Качество кукурузы на кормовые цели оценивается, прежде всего, способностью животных усваивать из нее питательные вещества. Чем выше переваримость белков, жиров и углеводов, тем лучше питательность корма и больше значения ОЭ и к.ед.

Согласно полученным данным, накопление питательных веществ по вариантам опыта находилось практически на одном уровне и незначительно зависело от дозы удобрений (табл. 4). Установлено, что содержание сырого протеина составило 7,95–9,54% в сухом веществе, сырой клетчатки – 14,4–20,4% и сырого жира – 2,98–3,49%.

Таблица 4

Влияние жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки на питательную и энергетическую ценность зеленой массы кукурузы, в среднем за 2013–2014 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Переваримый				ОЭ (КРС), ГДж/га	К.ед., ц/га
					протеин	Переваримая клетчатка	жир	БЭВ		
		% в сухом веществе			г/кг натурального корма					
1. Без удобрений (контроль)	24,84	8,21	20,4	2,98	13,46	28,9	5,33	123,50	110,0	105,8
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₅₀	25,04	8,81	18,4	3,05	14,62	26,4	5,52	128,97	150,4	145,5
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	25,33	8,69	14,4	3,37	14,39	20,6	6,09	135,97	145,3	147,5
4. Отход грибного производства, 30 т/га	25,20	8,51	14,7	3,31	14,08	21,0	5,97	135,49	144,7	146,1
5. Навозные стоки, 100 т/га	24,82	8,87	18,4	3,08	14,75	26,4	5,59	127,60	150,9	145,1
6. Навозные стоки, 200 т/га	25,33	9,54	17,8	3,24	15,98	25,8	5,92	127,49	168,5	163,9
7. Эффлюент, 35 т/га	24,93	8,61	14,5	3,38	14,31	20,8	6,13	136,48	153,3	156,2
8. Эффлюент, 70 т/га	25,41	9,08	17,2	3,49	15,20	24,9	6,37	130,49	168,2	167,0

Вариант	Сухое вещество, %	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Переваримый протеин	Переваримая клетчатка	Переваримый жир	Переваримые БЭВ	ОЭ (КРС), ГДж/га	К.ед., ц/га
		% в сухом веществе			г/кг натурального корма					
9. Сложный компост, 40 т/га	25,10	8,39	16,6	3,22	13,88	23,7	5,81	131,92	142,6	140,4
10. Сложный компост, 60 т/га	25,24	8,62	17,5	3,25	14,36	25,2	5,91	129,97	160,7	157,1
11. Биоудобрение–Гранулированное, 20 т/га	25,32	7,95	17,4	3,13	13,12	24,8	5,63	130,44	132,3	128,2
12. Биоудобрение–Гранулированное, 30 т/га	25,43	8,23	18,8	3,16	13,64	26,9	5,72	127,57	148,0	141,6

Для организации рационального кормления животных используются количественные показатели переваримых питательных веществ. В ходе исследований определяли не только переваримые протеин, клетчатку, жир, но и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), основную часть которых составляют легкоусвояемые сахара и крахмал. По расчетным данным зеленая масса кукурузы в среднем накапливала 13,12–15,98 г/кг переваримого протеина, 20,6–28,9 г/кг переваримой клетчатки, 5,33–6,37 г/кг переваримого жира и 123,50–136,48 г/кг переваримых БЭВ. При этом количество переваримого протеина, как основного элемента питания, преобладало в вариантах с жидкими формами органических удобрений, в том числе на основе отходов биогазовой установки.

В ходе исследований полноценность зеленой массы кукурузы на кормовые цели оценивали по величине энергии, заключенной в сухом веществе. Так, при показателях сухого вещества 24,82–25,43%, в удобренных вариантах возможно запasti 132,3–168,5 ГДж/га обменной энергии, или 128,2–167,0 ц/га к.ед. При этом на величины данных показателей влияет не только содержание питательных веществ в сухом веществе, но и урожайность культуры. Исходя из этого, наиболее высокие значения энергетической питательности зеленой массы кукурузы были характерны при удобрении жидкими формами органических удобрений – навозными стоками и эффлюентом.

Содержание питательных элементов в зеленой массе является исходной величиной для расчета их выноса с урожаем культуры. Для оценки эффективности использования азота, фосфора, калия, кальция и магния использовались величины общего (хозяйственного) и удельного (нормативного) выносов (табл. 5).

Хозяйственный (общий) вынос характеризует величину общих затрат элементов питания на создание урожая зеленой массы. При этом по удобренным вариантам опыта общий вынос составил: азота – 179–249 кг/га, фосфора – 80–118 кг/га, калия – 237–419 кг/га, кальция – 24–34 кг/га и магния – 24,1–29,1 кг/га. Установлено, что при применении двойной дозы эффлюента величина общего выноса азота и фосфора превышала данные показатели осталь-

ных опытных вариантов. В то же время, минимальные значения выноса азота, фосфора и магния характерны для варианта с внесением биоудобрения–гранулированного в дозе 20 т/га. Особенно много калия выносятся зеленой массой при применении повышенных доз твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки – сложного компоста и биоудобрения–гранулированного.

Таблица 5

Влияние жидких и твердых органических удобрений на основе отходов биогазовой установки на вынос элементов питания с зеленой массой кукурузы, среднее за 2013–2014 гг.

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений (контроль)	139	65	189	19	20,1	3,3	1,5	4,5	0,4	0,5
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₅₀	207	90	305	24	25,0	3,7	1,6	5,5	0,4	0,4
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	194	90	310	27	26,9	3,6	1,7	5,8	0,5	0,5
4. Отход грибного производства, 30 т/га	193	93	310	30	25,8	3,6	1,7	5,8	0,6	0,5
5. Навозные стоки, 100 т/га	205	88	237	25	24,2	3,7	1,6	4,2	0,5	0,4
6. Навозные стоки, 200 т/га	247	110	277	28	28,6	4,0	1,8	4,4	0,4	0,5
7. Эффлюент, 35 т/га	208	93	250	25	25,6	3,7	1,6	4,4	0,4	0,5
8. Эффлюент, 70 т/га	249	118	330	30	29,1	4,0	1,9	5,3	0,5	0,5
9. Сложный компост, 40 т/га	195	85	322	28	24,6	3,7	1,6	6,1	0,5	0,5
10. Сложный компост, 60 т/га	233	107	419	34	28,2	3,9	1,8	7,0	0,6	0,5
11. Биоудобрение–Гранулированное, 20 т/га	179	80	296	27	24,1	3,7	1,6	6,0	0,6	0,5
12. Биоудобрение–Гранулированное, 30 т/га	214	102	374	34	27,7	3,9	1,9	6,8	0,6	0,5
Среднее по удобренным вариантам	211	96	312	28	26,3	3,8	1,7	5,6	0,5	0,5

На основании величины общего выноса элементов питания рассчитан удельный вынос с 1 т основной продукции. По вариантам опыта с применением удобрений вынос азота составил 3,6–4,0 кг/т, фосфора – 1,6–1,9 кг/т, калия – 4,2–7,0 кг/т, кальция – 0,4–0,6 кг/т и магния – 0,4–0,5 кг/т.

Важнейшим показателем эффективности применяемых удобрений является оценка состояния баланса питательных элементов путем сопоставления его приходных и расходных статей. На основании полученных данных можно судить о состоянии почвенных запасов и дефиците элементов питания. Расчеты хозяйственного баланса показали, что за счет применения под кукурузу только минеральных удобрений, накопления питательных элементов в дерново-подзолистой супесчаной почве не происходит (табл. 6).

При использовании жидких и твердых органических удобрений величина баланса варьировала в довольно широких пределах. Все органические удобрения обеспечили положительный баланс азота на уровне 1–187 кг/га, при интенсивности баланса 101–171%.

Таблица 6

Баланс элементов питания при возделывании кукурузы на зеленую массу, среднее за 2013–2014 гг.

Вариант	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			CaO			MgO		
	Баланс, кг/га	ИБ* %	Реути- лиза- ция %	Баланс, кг/га	ИБ %	Реути- лиза- ция %	Баланс, кг/га	ИБ %	Реути- лиза- ция %	Баланс, кг/га	ИБ %	Реути- лиза- ция %	Баланс, кг/га	ИБ %	Реути- лиза- ция %
1. Без удобрений (контроль)	-86	22	0	-65	1	0	-199	5	0	-59	30	0	-29	15	0
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₅₀	-73	61	0	-30	67	0	-165	49	0	-64	28	0	-34	13	0
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	71	136	124	120	233	233	-79	76	73	59	165	137	6	115	103
4. Отход грибного производства, 30 т/га	81	141	129	220	336	336	-68	79	76	299	413	387	31	178	166
5. Навозные стоки, 100 т/га	18	109	97	-38	57	57	-186	27	23	-55	39	11	-23	39	26
6. Навозные стоки, 200 т/га	146	157	147	-10	91	91	-166	44	40	-48	49	21	-18	59	47
7. Эффлюент, 35 т/га	16	109	95	37	140	139	-204	25	21	-29	67	39	-17	57	44
8. Эффлюент, 70 т/га	121	148	138	141	219	219	-228	35	32	1	101	74	-3	93	81
9. Сложный компост, 40 т/га	96	145	134	392	561	560	244	171	168	1272	1466	1438	94	344	331
10. Сложный компост, 60 т/га	187	171	162	608	670	670	435	199	197	1937	2061	2035	155	466	455
11. Бисуобрение–Гранулированное, 20 т/га	1	101	87	297	472	472	121	138	135	709	871	844	59	255	242
12. Бисуобрение–Гранулированное, 30 т/га	50	124	112	463	556	556	255	165	162	1090	1199	1173	101	343	331

* Интенсивность баланса.

Следует отметить, что не все виды и дозы органических удобрений обеспечили положительный баланс основных элементов питания. Хуже всего сложился баланс по калию: только внесение сложного компоста и биоудобрения–гранулированного обеспечило положительный баланс его, в остальных вариантах вынос с урожаем превышал поступление с удобрениями. Интенсивность баланса калия в зависимости от удобренных вариантов опыта составила 25–199%.

Отрицательный баланс по фосфору сложился только в вариантах с внесением свиных навозных стоков, где вынос с урожаем превышал поступление фосфора с удобрениями на 10–38 кг/га. В целом по опыту интенсивность баланса фосфора в удобренных вариантах составила 57–670%.

С органическими удобрениями в почву возвратилось 87–162% азота, 57–670% фосфора, 21–197% калия, 11–2035% кальция и 26–455% магния к выносу их с урожаем. Установлено, что наибольший положительный баланс элементов питания получен при внесении 60 т/га сложного компоста.

Рациональность применения удобрений в сельскохозяйственном производстве должна быть подтверждена не только агрономической, но и экономической эффективностью. Ее главным критерием является получение максимальной урожайности при минимальных затратах.

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитана по уровню цен на 2015 г. и расстоянию перевозки удобрений 5 км: стоимость 1 т зеленой массы кукурузы – 27,9 USD; затраты на уборку и доработку прибавки урожая зеленой массы кукурузы – 6,3 USD/т; стоимость минеральных удобрений: 1 т д.в. азота – 853 USD, фосфора – 1283, калия – 277 USD; затраты на внесение 1 т д.в. минеральных удобрений на расстояние 5 км от склада: азота – 65,8 USD, фосфора – 46,0 USD, калия – 31,50 USD; затраты на приготовление и внесение на расстояние 5 км 1 тонны органических удобрений: подстилочный навоз КРС – 4,6 USD, свиные навозные стоки и эффлюент – 2,5 USD, сложный компост – 6,5 USD, биоудобрение–гранулированное – 10,0 USD, отход грибного производства – 6,0 USD. Учитывая, что действие твердых органических удобрений на урожайность прослеживается в течение трех лет после внесения, затраты на их внесение под первую культуру составили 70%. Затраты на внесение жидких органических удобрений в полном объеме отнесены на первую культуру.

Установлено, что экономическая эффективность удобрений зависела от их агрономической эффективности, которая определялась содержанием элементов питания и их доступностью для растений; затрат на приобретение, приготовление, хранение, транспортировку и внесение (табл. 7).

Из всех удобрений, только применение под кукурузу свиных навозных стоков в дозе 200 т/га было убыточным из-за высоких затрат на их внесение. Максимальную рентабельность в опыте обеспечило внесение эффлюента: доза 35 т/га – 126%, 70 т/га – 85%.

При перевозке до 5 км, равномерное внесение качественных органических удобрений под кукурузу обеспечило более высокий чистый доход, чем минеральные удобрения.

Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу

Вариант	Стоимость прибавки, USD	Общие затраты	Чистый доход	Рентабельность, %
	USD/га			
1. Без удобрений (контроль)	–	–	–	–
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₅₀	374	348	26	7
3. Подстилочный навоз, 60 т/га	321	266	55	21
4. Отход грибного производства, 30 т/га	315	197	118	60
5. Навозные стоки, 100 т/га	379	336	44	13
6. Навозные стоки, 200 т/га	561	627	–66	–11
7. Эффлюент, 35 т/га	405	179	226	126
8. Эффлюент, 70 т/га	558	301	257	85
9. Сложный компост, 40 т/га	293	248	45	18
10. Сложный компост, 60 т/га	480	381	99	26
11. Биоудобрение–Гранулированное, 20 т/га	187	182	5	3
12. Биоудобрение–Гранулированное, 30 т/га	349	289	60	21

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве максимальную в опыте урожайность кукурузы на уровне 623 и 624 ц/га обеспечило внесение свиных навозных стоков в дозе 200 т/га и эффлюента – 70 т/га при окупаемости 1 т удобрений 101 и 286 кг зеленой массы. В данных вариантах отмечено самое высокое содержание переваримого протеина в 1 кг корма –15,98 и 15,20% и накопление обменной энергии – 168,5 и 168,2 ГДж/га соответственно.

2. Эффлюент (35 т/га) и свиные навозные стоки (100 т/га), внесенные в дозах близких по азоту с минеральными удобрениями, способствовали получению зеленой массы кукурузы на уровне 557–568 ц/га при окупаемости 1 кг NPK, содержащегося в этих удобрениях, 37,2–40,2 кг зеленой массы.

3. Внесение подстилочного навоза в дозе 60 т/га обеспечило получение 538 ц/га зеленой массы кукурузы. Аналогичная (в пределах ошибки опыта) урожайность получена в вариантах с внесением 30 т/га отхода грибного производства, 40 т/га сложного компоста и 30 т/га биоудобрения гранулированного, при этом 1 т подстилочного навоза обеспечила минимальную урожайность – 192 кг зеленой массы, 1 т биоудобрения–гранулированного – максимальную урожайность – 417 кг. Из твердых видов органических удобрений в более доступной форме элементы питания находятся в подстилочном навозе, в наименее доступной – в биоудобрении–гранулированном, так как на 1 кг NPK, содержащегося в этих удобрениях, получено 16,2 и 8,7 кг зеленой массы соответственно.

4. Все виды и дозы органических удобрений обеспечили положительный или бездефицитный баланс азота в почве. По фосфору отрицательный баланс сложился в вариантах с внесением свиных навозных стоков, где вынос с урожаем

превышал поступление фосфора с удобрениями на 10–38 кг/га. В целом по опыту интенсивность баланса фосфора в удобренных вариантах составила 57–670%. Положительный баланс по калию отмечен только при внесении сложного компоста и биоудобрения–гранулированного. Интенсивность баланса калия в зависимости от удобренных вариантов опыта составила 25–199%.

5. При перевозке до 5 км, равномерное внесение качественных органических удобрений под кукурузу обеспечило более высокий чистый доход, чем минеральные удобрения. Из всех удобрений, только применение под кукурузу свиных навозных стоков в дозе 200 т/га было убыточным из-за высоких затрат на их внесение. Максимальную рентабельность в опыте обеспечило внесение эффлюента: в дозе 35 т/га – 126%, 70 т/га – 85%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бельченко, С.А.* Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / С.А. Бельченко, И.Н. Белоус, М.Г. Драганская // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 59–61.
2. Агрэкономическая эффективность минеральных и органических удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 2(99). – С. 23–26.
3. Отзывчивость кукурузы на применение различных видов органических удобрений при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 54–61.
4. *Мальчевская, Е.Н.* Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е.Н. Мальчевская, Г.С. Миленькая. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.
5. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шпаков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграрн. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск.: Белорусская наука, 2012. – 460 с.
7. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.
9. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 25 с.
10. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 10 фев. 2011 г., № 10 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – 8/25498.

EFFECTIVENESS OF LIQUID AND SOLID ORGANIC FERTILIZERS ON THE BASIS OF RESIDUES OF BIOGAS INSTALLATION IN CORN GREEN MASS CULTIVATION ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

L.N. Iovik, T.M. Seraya

Summary

Comparative effectiveness of new and traditional types of organic fertilizers on the sod-podzolic sandy loam soil was studied. It was established the liquid and solid organic fertilizers on the basis of biogas residue has positive effect on the yield and quality of corn green mass. Action of «Effluent» similar mineral fertilizers and traditional liquid organic fertilizers at the similar nitrogen doses. The highest nutritional and energy value of green mass was obtained by «Effluent» fertilizing. Maximal net income obtained by 35 and 70 t/ha of «Effluent» – 226–257 USD/ha.

Поступила 17.11.2015

УДК 631.81.095.337:633.16:631.442

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОБАЛЬТОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ КОБАЛЬТОМ

М.В. Рак, Е.Н. Пукалова, В.А. Савицкая, Л.Н. Гук

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Содержание кобальта в почве обуславливает количество этого элемента в растениях и уровни поступления его в организм животных. Кобальт поступает в растения в форме катиона, хелатных соединений и витамина В₁₂. Этот микроэлемент может влиять на процессы, проходящие в растениях в период формирования и налива зерна, поскольку он улучшает углеводный обмен, синтез хлорофилла, содержание аскорбиновой кислоты, повышает активность ферментов и количество нуклеиновых кислот в растениях [1–2]. Наиболее объективным показателем содержания кобальта в почве является наличие его подвижной формы, что зависит в первую очередь от гранулометрического состава почвы, кислотности и содержания гумуса. Содержание подвижного кобальта в пахотных почвах республики низкое и составляет 0,48–0,65 мг/кг [3–5]. Низкое содержание подвижного кобальта в почве обуславливает недостаточное его содержание в растениеводческой продукции, которое достигает лишь нижних границ оптимальных значений и составляет 0,11–0,40 мг/кг сухой массы [5–7]. Научно обоснованное применение микроудобрений позволяет регулировать процессы обогащения