

## **CHANGE OF FACTIONAL-GROUP HUMUS COMPOSITION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY AND SANDY-LOAM SOILS UNDER INFLUENCE OF THE DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS**

**E. N. Bogatyrova, T. T. Seraya, O. M. Biryukova,  
E. G. Mezentsava, R. N. Biryukov**

### **Summary**

In the conditions of the field experiments on sod-podzolic soils of different texture the influence of the different fertilizer systems on the change of humus quality indexes was studied. The most effective reception providing flowing of humification processes in humic direction, is the application of organic and organic-mineral fertilizer system in combination with straw ploughing.

*Поступила 10 октября 2011 г.*

УДК 631.8.022.3:631.445.2:633.15

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Т. М. Серая, О. М. Бирюкова, Е. Н. Богатырева,  
Е. Г. Мезенцева, Р. Н. Бирюков**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Среди растений семейства злаковых кукуруза является наиболее продуктивной сельскохозяйственной культурой. Ее широко возделывают во всех странах для производства кормов и продуктов питания [1-3]. Благодаря высокой урожайности, кормовым достоинствам и технологичности возделывания, площади посевов кукурузы в Республике Беларусь за последние годы увеличились в 2 раза: с 460,4 тыс. га в 2003 г. до 960 тыс. га – в 2011 г. Зона выращивания кукурузы на силос и зерно за последнее время значительно продвинулась на север в результате селекционного процесса. Однако урожайность зеленой массы кукурузы до последнего времени остается невысокой – 240-260 ц/га.

Кукуруза относится к растениям, обладающим большим потенциалом продуктивности, поэтому она предъявляет высокие требования к плодородию почвы и заправке ее удобрениями. Особое значение в удобрении кукурузы имеют органические удобрения, которые в результате постепенного высвобождения элементов питания, способны обеспечивать растения этими элементами на протяжении всего вегетационного периода. Кукуруза очень отзывчива на внесение

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

органических удобрений, так как способна использовать высвобождаемые элементы питания значительно лучше, чем зерновые культуры [3, 4]. По последним рекомендациям белорусских ученых-аграриев лучшим местом в севообороте для применения органических удобрений, особенно жидких, является внесение под кукурузу.

Наряду с традиционными видами органических удобрений в последние годы в республике применяется новый вид органических удобрений – отходы производства биогаза. В настоящее время в Республике Беларусь работают три биогазовые установки. В соответствии с постановлением Совета Министров №885 от 9.06.2010 г. в Беларуси реализуется республиканская программа по строительству биогазовых комплексов, рассчитанная на 2010-2012 гг., согласно которой до 2012 года будет введено в эксплуатацию еще 39 биогазовых установок. В литературных источниках встречаются достаточно противоречивые данные по влиянию органических удобрений, получаемых на выходе биогазовых установок на урожайность сельскохозяйственных культур. По некоторым данным [5, 6] внесение вышеназванных удобрений обеспечивает дополнительный прирост урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 20-30 % по сравнению с несброженным навозом. Р. Р. Визла [7] в результате проведения исследований со сброженным навозом в Латвии установил, что влияние сброженного и исходного свиного навоза на урожайность сельскохозяйственных культур одинаково, в то время как эквивалентные дозы минеральных удобрений были эффективнее. А. В. Клочков и Д. В. Кацер [8] отмечают, что по сравнению с непереработанным навозом, отходы производства биогаза повышают урожайность на 10-15 %.

В связи с тем, что в процессе анаэробной переработки навоза часть органического вещества минерализуется и соответственно уменьшается количество органического азота и увеличивается количество минерального (аммонийного) азота, дозы применения органических удобрений, получаемых на выходе биогазовых установок, требуют уточнения в сравнении с традиционными видами органических удобрений. Поэтому актуальными являются исследования по изучению влияния органических удобрений, получаемых на выходе биогазовых установок, на урожайность, качество сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели почвы в условиях Республики Беларусь.

Цель исследований – изучить влияние внесения органических удобрений под кукурузу на урожайность зеленой массы, вынос и баланс основных элементов питания с урожаем на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эффективности применения органических удобрений на урожайность и качество зеленой массы кукурузы проводили в стационарном опыте, заложенном в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой оглеенной внизу супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка:  $pH_{KCl}$  5,5-5,63; содержание гумуса – 2,21-2,41 %;  $P_2O_5$  – 155-205 мг/кг;  $K_2O$  – 22-246 мг/кг.

Гибрид кукурузы Дельфин возделывали в 2010-2011 гг. в звене севооборота: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. Опыт развернут в двух полях, в четырехкратной повторности вариантов.

Минеральные удобрения – фосфорные (аммонизированный суперфосфат), калийные (хлористый калий) вносили весной под предпосевную культивацию; азотные (карбамид) весной ( $N_{90}$ ) и в качестве подкормки в фазу 6-8 листьев ( $N_{60}$ ). Органические удобрения – куриный помет, органическое удобрение, получаемое на выходе биогазовой установки, жидкий навоз КРС вносили весной под вспашку.

Показатели качества органических удобрений по годам исследований были следующими:

▶ 2010 г. – ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки: N – 0,51 %,  $P_2O_5$  – 0,26 %,  $K_2O$  – 0,26 %, органическое вещество – 2,42 %, влажность – 96 %; жидкий навоз КРС – N – 0,18 %,  $P_2O_5$  – 0,07 %,  $K_2O$  – 0,25 %, органическое вещество – 2,28 %, влажность – 97 %; подстилочный куриный помет – N – 1,22 %,  $P_2O_5$  – 2,43 %,  $K_2O$  – 1,56 %, органическое вещество – 29,60 %, влажность – 56 %;

▶ 2011 г. – ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки: N – 0,52 %,  $P_2O_5$  – 0,37 %,  $K_2O$  – 0,39 %, органическое вещество – 3,98 %, влажность – 95 %; жидкий навоз КРС – N – 0,24 %,  $P_2O_5$  – 0,16 %,  $K_2O$  – 0,28 %, органическое вещество – 2,55 %, влажность – 94 %; подстилочный куриный помет – N – 0,96 %,  $P_2O_5$  – 1,67 %,  $K_2O$  – 0,87 %, органическое вещество – 23,98 %, влажность – 71 %.

Дозы жидкого навоза КРС, куриного помета, органического удобрения, получаемого на выходе биогазовой установки по содержанию азота соответствуют дозе азота, внесенной с карбамидом ( $N_{150}$ ) в варианте с минеральной системой удобрения. Исследуются также двойные дозы органических удобрений.

Агротехника возделывания кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь [9]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985) с использованием соответствующих программ на компьютере. Расчет баланса элементов питания проводили по методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [10].

В почвенных образцах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); обменную кислотность  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91).

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение влаги и сухого остатка по ГОСТ 26713-85; определение золы по ГОСТ 26714-85; определение общего азота по ГОСТ 26715-85; определение общего фосфора по ГОСТ 26717-85; определение общего калия по ГОСТ 26718-85.

Урожайность зеленой массы по всем вариантам приведена к влажности 75 %.

Гидротермические условия в годы исследований в целом были благоприятными для роста и развития растений кукурузы. Вегетационные периоды 2010-2011 гг. характеризовались повышенными температурами воздуха на протяжении всей вегетации и неравномерным выпадением осадков по месяцам. Более благоприятным для роста, развития и формирования урожайности зеленой массы кукурузы был 2011 г. (ГТК за вегетационный период 1,5).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ урожайных данных зеленой массы кукурузы, убранной в фазу молочно-восковой спелости, показал, что внесение органических удобрений существенно повышало урожайность зеленой массы (табл. 1). Следует отметить, что в связи с более благоприятными погодными условиями урожайность, полученная в 2011 г. в варианте без удобрений была на 55 ц/га, в удобренных вариантах – в среднем на 106 ц/га выше, чем в 2010 г.

За счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при соблюдении технологии возделывания кукурузы в среднем за два года получено 371 ц/га зеленой массы.

Применение минеральных удобрений обеспечило прибавку урожайности – 179 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK 51 кг зеленой массы кукурузы.

Внесение органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, в дозе 30 т/га, эквивалентной по азоту дозе азота, внесенного с минеральными удобрениями, оказало достоверное влияние на урожайность возделываемой культуры, способствуя формированию 559 ц/га зеленой массы кукурузы. Прибавка урожая в этом варианте по сравнению с вариантом без удобрений составила 188 ц/га при оплате 1 т органических удобрений 627 кг зеленой массы. При этом установлено, что эквивалентные по азоту дозы минеральных удобрений и органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, характеризуются одинаковой агрономической эффективностью: урожайность зеленой массы кукурузы при внесении этих удобрений существенно не отличалась.

При сравнительной оценке традиционных видов органических удобрений, используемых для производства биогаза (куриный помет, жидкий навоз КРС), эквивалентных по дозе азота, внесенного с 30 т/га органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, установлено их аналогичное влияние на формирование урожайности зеленой массы кукурузы. Так, применение 15 т/га куриного помета и 75 т/га жидкого навоза КРС обеспечило получение урожайности на уровне 555-562 ц/га, что на 184-191 ц/га выше по сравнению с вариантом без удобрений и не превышает ошибки опыта по сравнению с вариантом, предусматривающим внесение 30 т/га органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки.

Двойные дозы органических удобрений обеспечили дальнейший рост урожайности зеленой массы кукурузы: прибавка составила 280-291 ц/га, при этом разница в урожайности между вариантами с разными видами органических удобрений была недостоверной.

Окупаемость 1 т изучаемых органических удобрений была достаточно высокой и зависела от их вида и дозы внесения. Наиболее высокая окупаемость (1227 кг зеленой массы) получена в варианте с применением 15 т/га подстилочного куриного помета, самая низкая (194 кг зеленой массы) – в варианте с внесением 150 т/га жидкого навоза КРС. Величина данного показателя для органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, в зависимости от дозы составила 482-627 кг/т. Различная окупаемость 1 т изучаемых видов органических удобрений связана с разным содержанием элементов питания и в первую очередь азота. Окупаемость 1 кг NPK, содержащегося в минеральных удобрениях, в среднем за два года составила 51 кг зеленой массы, 1 кг NPK, содержащегося

в органических удобрениях – 24-58 кг зеленой массы. При делении полученной прибавки урожая зеленой массы на количество азота во внесенном удобрении, получены достаточно близкие показатели (100-120 кг зеленой массы на 1 кг N), т. е. азот, внесенный под кукурузу с минеральными и органическими удобрениями в изучаемых дозах, имел достаточно близкую эффективность.

Таблица 1

**Влияние органических удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений, кг зеленой массы	
	2010 г.	2011 г.	среднее	от орг. уд.	от НРК	1 т орг. уд.	1 кг д. в. НРК
Без удобрений	343	398	371	–	–		–
N <sub>90+60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>140</sub> – Фон	500	599	550	–	179		51
Жидкий навоз КРС, 75* т/га	497	627	562	191	–	255	–
Жидкий навоз КРС, 150 т/га	608	716	662	291	–	194	–
Подстилочный куриный помет, 15 т/га	499	612	555	184	–	1227	–
Подстилочный куриный помет, 30 т/га	612	689	651	280	–	933	–
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 30 т/га	502	616	559	188	–	627	–
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 60 т/га	609	711	660	289	–	482	–
НСР <sub>05</sub>	24	42	23				

\* Дозы органических удобрений даны средние за два года.

Содержание основных элементов питания в урожае возделываемых культур является важным критерием, характеризующим эффективность применяемых удобрений и оказывающим влияние на показатели качества растительных кормов. Анализ данных по химическому составу зеленой массы кукурузы показал, что содержание фосфора (0,68-0,78 % в 2010 г., 0,57-0,68 % в 2011 г.) и калия (1,91-2,40 % в 2010 г., 1,89-2,56 % в 2011 г.) по годам было близким, азота существенно изменялось: 1,72-1,96 % в 2010 г. и 0,84-1,47 % в 2011 г.

Вынос элементов питания с урожаем основной и побочной продукции (хозяйственный вынос) является показателем, позволяющим оценить потребность сельскохозяйственных культур в удобрениях. Установлено, что общий вынос основных элементов питания зависел от их содержания в зеленой массе и урожайности кукурузы. Минимальный вынос отмечен вариант без удобрений. Применение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 81 кг/га, фосфора – на

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

28, калия – на 128 кг/га (табл. 2). Близкие показатели общего выноса получены и в вариантах с внесением одинарных доз жидких органических удобрений и подстилочного помета. Максимальный хозяйственный вынос элементов питания характерен для вариантов с двойными дозами органических удобрений, где вынос азота в среднем составил 217 кг/га, фосфора – 104, калия – 327 кг/га.

Таблица 2

### Вынос элементов питания зеленой массой кукурузы в зависимости от удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без удобрений	114	53	167	3,1	1,4	4,5
N <sub>90+60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>140</sub> – Фон	195	81	295	3,5	1,5	5,3
Жидкий навоз КРС, 75 т/га	168	77	269	3,0	1,4	4,8
Жидкий навоз КРС, 150 т/га	219	98	337	3,3	1,5	5,1
Подстилочный куриный помет, 15 т/га	173	87	261	3,1	1,6	4,7
Подстилочный куриный помет, 30 т/га	216	107	320	3,3	1,6	4,9
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 30 т/га	172	85	253	3,1	1,5	4,5
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 60 т/га	215	106	324	3,3	1,6	4,9
<b>Среднее</b>	<b>184</b>	<b>87</b>	<b>278</b>	<b>3,2</b>	<b>1,5</b>	<b>4,8</b>

Удельный (нормативный) вынос питательных элементов с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, является важным и достаточно стабильным показателем, который используется при расчете доз удобрений под планируемую урожайность. В ходе исследований установлено, что в среднем по опыту с 1 т зеленой массы кукурузы 75 % влажности удельный вынос азота составил 3,2 кг, фосфора – 1,5 кг, калия – 4,8 кг, кальция – 0,4 кг, магния – 0,4 кг.

Для оценки влияния изучаемых удобрений на плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы на основании полученных экспериментальных данных рассчитан хозяйственный баланс и реутилизация основных элементов питания (табл. 3).

Расчеты показали, что при высокой урожайности зеленой массы кукурузы внесение 150 кг азота как с минеральными, так и с органическими удобрениями было недостаточным для поддержания бездефицитного баланса азота. Небольшой положительный баланс азота получен только в вариантах с двойными дозами органических удобрений. Для поддержания бездефицитного баланса фосфора достаточным было внесение в среднем за два года 75 т полужидкого навоза и 30 т/га ОУ, получаемых на выходе биогазовой установки. В вариантах с двойными дозами этих удобрений баланс фосфора был положительным, а в вариантах с применением куриного помета интенсивность баланса составила 286 и 462 % соответственно. Что касается баланса калия, то во всех вариантах за исключением двойной дозы жидкого навоза КРС он был отрицательным. Это связано с достаточно высоким содержанием элемента в зеленой массе кукурузы, которое с увеличением дозы калия в удобрении увеличивалось и в растении.

Реутилизация характеризует повторное использование элементов питания. Установлено, что в вариантах с внесением органических удобрений в зависимости от их вида и дозы в почву возвращается 63-100 % азота, вынесенного с урожаем, 96-284 % фосфора и 33-101 % калия.

Таблица 3

**Баланс элементов питания при возделывании кукурузы  
на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Баланс, + кг/га	Реути- лиза- ция, %	Баланс, + кг/га	Реути- лиза- ция, %	Баланс, + кг/га	Реути- лиза- ция, %
Без удобрений	<b>-116,2</b>	0	<b>-57,1</b>	0	<b>-199,7</b>	0
N <sub>90+60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>140</sub> – Фон	<b>-77,4</b>	0	<b>-27,7</b>	0	<b>-197,6</b>	0
Жидкий навоз КРС, 75 т/га	<b>-48,3</b>	66	<b>-1,2</b>	96	<b>-114,3</b>	63
Жидкий навоз КРС, 150 т/га	<b>25,0</b>	99	<b>58,0</b>	152	<b>7,3</b>	101
Подстилочный куриный помет, 15 т/га	<b>-58,0</b>	63	<b>177,3</b>	284	<b>-143,2</b>	52
Подстилочный куриный помет, 30 т/га	<b>27,5</b>	99	<b>426,1</b>	460	<b>-50,5</b>	86
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 30 т/га	<b>-51,4</b>	65	<b>2,8</b>	101	<b>-197,2</b>	33
ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 60 т/га	<b>29,0</b>	100	<b>73,6</b>	161	<b>-176,8</b>	52

## ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве максимальная урожайность зеленой массы кукурузы (689-716 ц/га) получена в вариантах с внесением двойных доз органических удобрений (60 т/га ОУ, получаемых на выходе биогазовой установки, 30 т/га подстилочного куриного помета и 150 т/га жидкого навоза КРС).

2. При возделывании кукурузы на зеленую массу применение эквивалентных доз органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, было аналогично влиянию органических удобрений, используемых для производства биогаза (куриный помет и жидкий навоз КРС), и минеральных удобрений, внесенных в дозах, выровненных по азоту. Урожайность зеленой массы кукурузы в данных вариантах в среднем за два года была на уровне 550-562 ц/га. Удельный вынос питательных элементов с 1 т зеленой массы кукурузы (75 % влажности) в среднем составил: азота – 3,2 кг, фосфора – 1,5 кг, калия – 4,8 кг, кальция – 0,4 кг, магния – 0,4 кг.

3. Окупаемость 1 т изучаемых органических удобрений была достаточно высокой и зависела от их вида и дозы внесения. Наиболее высокая окупаемость (1227 кг зеленой массы) получена в варианте с применением 15 т/га подстилочного куриного помета, самая низкая (194 кг зеленой массы) – в варианте с внесением 150 т/га жидкого навоза КРС. Величина данного показателя для органических

удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, в зависимости от дозы составила 482-627 кг/т.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агробиологические основы возделывания кукурузы на зерно и силос / Н. Ф. Надточаев [и др.]. – Минск: Техносервис, 2004. – 100 с.
2. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Надточаев, Н. Ф. Выращивание кукурузы на силос и зерно / Н. Ф. Надточаев, С. С. Барсуков. – Минск: Ураджай, 1994. – 87 с.
4. Шпаков, А. С. Кормовые культуры и плодородие почв / А. С. Шпаков, Т. С. Бражникова // Земледелие. – 2002. – №6. – С. 4-5.
5. Гелетуха, Г. Г. Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы (обзор) // Г. Г. Гелетуха, С. Г. Кобзарь / Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – №4. – С. 3-10.
6. Гудкова, Л. К. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / Л. К. Гудкова, В. Ф. Пуляев, Т. В. Старченко // Аграрная энергетика в XXI столетии: материалы III Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21-23 ноября 2005 г.: под ред. В. И. Русана. – Минск, 2005 – С. 255-258.
7. Визла, Р. Р. Эффективность действия сброженного навоза / Р. Р. Визла // Удобрение полевых культур в системе интенсивного земледелия / ЛатНИИ земледелия; отв. ред. Ю. А. Штиканс. – Рига, 1990. – С. 43-59.
8. Клочков, А. В. Европейский опыт производства и использования биогаза // А. В. Клочков, Д. В. Кацер / Наше сельское хозяйство. – 2011. – №1. – С. 71-76.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – С. 270-286.
10. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.

### COMPARATIVE EFFICIENCY OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON SON-PODZOLIC SANDY SOIL

T. M. Seraya, O. M. Biryukova, E. N. Bogatyrova,  
E. G. Mezentsava, R. N. Biryukov

#### Summary

It was found that under cultivation of corn for the use of green material the application of equivalent doses of organic fertilizer produced at the output of the biogas plant, was similar to the effect of organic fertilizers used for biogas production (poultry manure and cattle fluid manure) and mineral fertilizers introduced into the dose-aligned nitrogen on the sod-podzolic sandy soil.

Yield of corn green mass was at the level of 550-562 kg/ha in these options at an average of two years. Specific removal of nutrients from one ton of corn green mass (75 % moisture) averaged: N – 3.2 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1.5 kg, K<sub>2</sub>O – 4.8 kg, CaO – 0.4 kg, MgO – 0.4 kg.

*Поступила 31 октября 2011 г.*