

7. Эффективность систем удобрения озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2011. – № 3. – С.46-53.

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEM ON QUALITY OF WINTER TRITICALE GRAIN GROWN ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.V. Bachische, S.M. Shumak, A.A. Gracheva

Summary

It was found that 3-term nitrogen introduction in doses of 150 kg ha⁻¹ (N₉₀ at the beginning of vegetation + N₃₀ at 31 Zaddoks stage + N₃₀ at 47 Zaddoks stage) at the background of P₄₀K₈₀ and aftereffect of 40 t ha⁻¹ FYM for winter triticale cultivation after clover on Luvisol loamy sand soil resulted in grain yield 72.6 c ha⁻¹, output 98.7 c ha⁻¹ f.u. At applied fertilizer system the content and output of raw protein were equal to 12.2% and 768 kg ha⁻¹ respectively, mass of 1000 seeds – 45.69 g, critical amino acid sum 7.27 g kg⁻¹ (grain) and 70.50 mg g⁻¹ (protein), biological value of protein – 101,4% (ir-replaceable amino acid, FAO/WHO).

Поступила 5 марта 2012 г.

УДК 631.8.022:633.15:631.445.2

ОТЗЫВЧИВОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая, О.М. Бирюкова, Е.Н. Богатырева, Е.Г. Мезенцева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в мире, в том числе и в Беларуси, все больше внимания уделяется выращиванию кукурузы. Благодаря своим свойствам кукуруза является универсальной культурой и широко используется на кормовые, технические и пищевые цели [1, 2, 3]. В Беларуси кукуруза традиционно возделывается как силосная культура [4]. В отличие от многих трав, содержание энергии в растениях кукурузы выше не только в исходном сырье, но и в готовом силосном корме, что связано с быстрым его концентрированием после скашивания и наличием благоприятной среды для развития направленного молочнокислого брожения.

В Республике Беларусь ежегодно увеличиваются объемы производства кукурузы не только на силос, но и на зерно. Так, в 2010 г. под кукурузой было занято 809,7 тыс. га, из них 111,8 тыс. га на зерно, в 2011 г. – 978,0 тыс. га, в т.ч. на зерно – 184,6 тыс. га, в 2012 г. планируется посеять более 1200, тыс. га кукурузы, в т.ч. на зерно – более 400 тыс. га. Появление новых сортов и гибридов позволило значительно продвинуть зону выращивания кукурузы на север. Однако потенциал

этой ценной культуры используется далеко не полностью. В основном средняя урожайность зеленой массы кукурузы по республике в последнее десятилетие была на уровне 240-260 ц/га и только в 2011 г. достигла 320 ц/га.

Кукуруза требовательна к почвенному плодородию, так как питательные элементы потребляет в течение всего вегетационного периода вплоть до восковой спелости зерна. При возделывании кукурузы целесообразно вносить органические удобрения, обладающие пролонгированным действием и способные обеспечить культуру питательными элементами в течение длительного периода времени. Данные опытов НПЦ НАН Беларуси по земледелию показывают, что если при возделывании кукурузы не применять органические удобрения, то при внесении минеральных туков даже в высоких дозах на легких почвах недобор урожая составляет более 10%. В сравнении с другими зерновыми культурами кукуруза лучше использует последствие органических удобрений [5, 6].

Цель исследований – изучить сравнительную эффективность органических компостов, сапропелей и подстилочного навоза КРС при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению эффективности применения органических удобрений под кукурузу проводили в стационарном полевом опыте, заложенном в ГП «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. Исследуемая почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 5,51–5,63; содержание гумуса – 2,21-2,41%; P_2O_5 – 155-205 мг/кг; K_2O – 227-246 мг/кг.

Опыт развернут в двух полях, повторность вариантов в опыте – четырехкратная. В 2010–2011 гг. возделывали кукурузу гибрид Дельфин в звене севооборота: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале.

Фосфорные (аммонизированный суперфосфат), калийные (хлористый калий) удобрения вносили весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) – весной (N_{90}) и в качестве подкормки в фазу 6–8 листьев кукурузы (N_{60}).

Подстилочный навоз КРС, торфо-лигино-соломисто-навозный компост (ТЛСНК), торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост (ТЖДСНК), сапропели органо-известковистый и кремнеземистый вносили весной под вспашку.

Применяемые органические удобрения характеризовались следующими качественными показателями:

подстилочный навоз КРС: N – 0,43%, P_2O_5 – 0,26%, K_2O – 0,33%, органическое вещество в пересчете на углерод – 9,56%, влажность – 77%;

ТЛСНК: N – 0,43%, P_2O_5 – 0,23%, K_2O – 0,36%, органическое вещество в пересчете на углерод – 10,48%, влажность – 71%;

ТЖДСНК: N – 0,42%, P_2O_5 – 0,36%, K_2O – 0,36%, органическое вещество в пересчете на углерод – 9,78%, влажность – 70%;

сапропель органо-известковистый: N – 0,66%, P_2O_5 – 0,40%, K_2O – 0,39%, органическое вещество в пересчете на углерод – 8,77%, влажность – 48%;

сапропель кремнеземистый: N – 0,57%, P₂O₅ – 0,25%, K₂O – 0,51%, органическое вещество в пересчете на углерод – 6,01%, влажность – 50%.

Дозы органических удобрений (ТЛСНК, ТЖДСНК, сапропелей) выровнены по азоту с учетом его содержания в 60 т/га подстилочного навоза КРС.

Агротехника возделывания кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь [7]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Excel. Расчет баланса элементов питания проводили по методике Института почвоведения и агрохимии [8].

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

В растительных образцах общий азот, фосфор, калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657–85), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97), кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97).

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.

Кукуруза убрана в фазу молочно-восковой спелости. Урожайность зеленой массы по всем вариантам приведена к влажности 75%.

Метеорологические условия в период проведения исследований были в целом благоприятными для роста и развития кукурузы. В сравнении со среднемноголетними данными вегетационный период 2010 г. оказался более засушливым и характеризовался более высокими температурами. ГТК за период вегетации составил 1,4 при среднемноголетнем 1,6. 2011 г. при благоприятном температурном режиме характеризовался неравномерным выпадением осадков. В начале вегетации осадков выпало значительно меньше нормы, а в июне вдвое больше нормы (ГТК вегетационного периода – 1,5).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ урожайных данных зеленой массы кукурузы показал, что погодные условия в 2011 г. были более благоприятны для роста и развития растений, чем в 2010 г. В среднем по опытным вариантам в погодных условиях 2011 г. урожайность зеленой массы кукурузы составила 622 ц/га, в 2010 г. – 534 ц/га, или на 16,4% меньше (табл. 1).

В среднем за 2010-2011 гг. за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы, при соблюдении основных элементов технологии возделывания кукурузы урожайность зеленой массы составила 371 ц/га.

Внесение органических и минеральных удобрений достоверно увеличивало урожайность зеленой массы кукурузы. Прибавка от внесения N90+60P60K140 составила 179 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 53 кг зеленой массы кукурузы.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Внесение подстилочного навоза КРС и компостов в дозах, выровненных по азоту, способствовало дополнительному сбору 159-171 ц/га зеленой массы при окупаемости 1 т подстилочного навоза 272 кг, 1 т ТЛСНК – 265 кг, 1 т ТЖДСНК – 285 кг зеленой массы. Прибавка урожайности от внесенных доз подстилочного навоза и компостов была аналогична прибавке, полученной в варианте с внесением N90+60P60K140.

Наиболее высокая урожайность зеленой массы кукурузы получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения и составила 636-662 ц/га. За счет внесения минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза и компостов получено 120-130 ц/га зеленой массы кукурузы, при этом 1 кг NPK, содержащийся в органических удобрениях обеспечил 16-18 кг зеленой массы, 1 кг NPK минеральных удобрений – 35-38 кг.

Внесение N90+60P60K140 на фоне кремнеземистого и органо-известковистого сапропелей по сравнению с вариантом без удобрений обеспечило дополнительный сбор 265-267 ц/га зеленой массы кукурузы при окупаемости 1 т сапропеля 191-220 кг зеленой массы.

Результаты, полученные в ходе исследований, показали, что торфо-лигниносоломисто-навозный, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компосты, сапропели и подстилочный навоз, внесенные в эквивалентных по азоту дозах, по влиянию на урожайность были равнозначны. Разница в урожайности находится в пределах НСР₀₅.

Таблица 1

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

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка, ц/га		Окупаемость удобрений, кг зеленой массы	
	2010 г.	2011 г.	среднее за 2 года	от органических удобрений	от NPK	от органических удобрений	1 кг д.в. NPK
Без удобрений	343	398	371	–	–	–	–
N90+60P50K140 – Фон	500	599	550	–	179	–	53
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	492	576	534	163	–	272	–
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	604	712	658	108	124	180	36
ТЛСНК, 60 т/га	484	576	530	159	–	265	–
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	598	721	660	110	130	183	38
ТЖДСНК, 60 т/га	500	583	542	171	–	285	–
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	612	712	662	112	120	187	35
Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	602	670	636	86	–	191	–
Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	607	669	638	88	–	220	–
НСР ₀₅	24	42	23				

В среднем за два года доля почвенного плодородия в формировании урожайности зеленой массы кукурузы составила 57%, органических удобрений – 16%,

минеральных удобрений – 19%, за счет эффекта взаимодействия органических и минеральных удобрений получено 8% урожая (рис. 1).

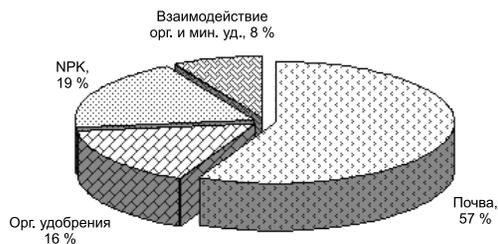


Рис. 1. Роль отдельных факторов в формировании урожайности зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве

Полученные данные по химическому составу зеленой массы кукурузы показывают, что внесение удобрений оказывало влияние на содержание элементов питания (табл. 2). Статистически значимым явилось увеличение показателей по содержанию азота, калия и кальция.

В вариантах с органической системой удобрения достоверное увеличение содержания азота в зеленой массе установлено только при внесении торфо-жомо-дефекато-соломистого компоста (на 0,11%). Применение минеральной системы удобрения способствовало увеличению содержания азота на 0,20% по сравнению с неудобренным вариантом.

В вариантах с органоминеральной системой удобрения содержание азота в зеленой массе по сравнению с вариантом без удобрений увеличилось на 0,18-0,25%, по сравнению с вариантом с односторонним внесением минеральных удобрений изменение содержания азота в зеленой массе было недостоверным. Аналогичная закономерность отмечена и в изменении содержания калия в зеленой массе кукурузы. Наибольшее накопление калия установлено в вариантах с минеральной и органоминеральной системами удобрения – 2,26-2,46%.

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание основных элементов питания в зеленой массе кукурузы, % в сухом веществе (среднее за 2010-2011 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	1,40	0,64	1,97	0,15	0,18
N90+60P50K140 – Фон	1,60	0,65	2,32	0,13	0,16
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,41	0,69	2,10	0,18	0,17
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,64	0,73	2,37	0,17	0,17
ТЛСНК, 60 т/га	1,35	0,68	2,00	0,16	0,19
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	1,58	0,68	2,33	0,16	0,19
ТЖДСНК, 60 т/га	1,51	0,68	2,01	0,22	0,20
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	1,65	0,73	2,33	0,22	0,19
Фон + Сапрпель кремнеземистый, 45 т/га	1,65	0,66	2,46	0,22	0,20
Фон + Сапрпель органо-известковистый, 40 т/га	1,62	0,68	2,26	0,22	0,20
НСР ₀₅	0,10	0,10	0,13	0,05	0,05

2. Плодородие почв и применение удобрений

С увеличением поступления количества фосфора с вносимыми удобрениями наблюдалась тенденция увеличения его содержания в зеленой массе, однако влияние видов применяемых удобрений на накопление данного элемента питания было равнозначным.

Существенное увеличение (на 0,07%) содержания кальция в зеленой массе кукурузы отмечено в вариантах с внесением торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компоста и сапропелей.

Хозяйственный вынос, характеризующий вынос элементов питания с урожаем основной и побочной продукции, относится к числу показателей, используемых для определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. Результаты исследований показали, что общий вынос элементов питания зависел от доз вносимых удобрений, урожайности и содержания элементов питания в основной и побочной продукции. Минимальный вынос элементов питания с урожаем зеленой массы кукурузы отмечен в варианте без удобрений, где из почвы вынесено азота 128 кг/га, фосфора – 59, калия – 182 кг/га (табл. 3). Применение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 88 кг/га, фосфора – на 30, калия – на 138 кг/га. Применение подстилочного навоза и компостов по сравнению с неудобренным вариантом способствовало увеличению общего выноса азота на 45-72 кг/га, фосфора – на 30-33, калия – на 83-99 кг/га. Максимальный хозяйственный вынос отмечен в вариантах с органоминеральной системой удобрения: азот – 256-269 кг/га, фосфор – 105-120, калий – 359-391 кг/га.

Таблица 3

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

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	128	59	182	3,4	1,6	4,9
N90+60P50K140 – Фон	216	89	320	3,9	1,6	5,8
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	184	92	281	3,4	1,7	5,3
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	265	119	390	4,0	1,8	5,9
ТЛСНК, 60 т/га	173	89	265	3,3	1,7	5,0
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	256	111	385	3,9	1,7	5,8
ТЖДСНК, 60 т/га	200	92	271	3,7	1,7	5,0
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	269	120	386	4,1	1,8	5,8
Фон + Сапрпель кремнеземистый, 45 т/га	261	105	391	4,1	1,7	6,1
Фон + Сапрпель органоминеральный, 40 т/га	256	107	359	4,0	1,7	5,6
Среднее	221	98	323	3,8	1,7	5,5

Для расчета баланса элементов питания, а также доз удобрений важным и достаточно стабильным показателем является удельный (нормативный) вынос питательных элементов с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции. Установлено, что удельный вынос основных элементов питания мало изменялся по вариантам опыта. В среднем по опыту с 1 т зеленой массы кукурузы 75% влажности вынос азота составил 3,8 кг, фосфора – 1,7 кг, калия – 5,5 кг (табл. 3).

Научные основы применения удобрений в земледелии базируются на познании круговорота веществ и их баланса. Дефицит элементов питания и, соответственно, возможное истощение почвенных запасов определяется на основе балансовых расчетов (путем сопоставления приходных статей элементов питания с расходными статьями), которые являются одним из способов проверки предполагаемой системы удобрения. Расчеты показали, что при урожайности зеленой массы кукурузы 550 ц/га применение минеральных удобрений в дозе N90+60P60K140 было недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания (табл. 4). Положительный баланс азота и фосфора отмечен во всех вариантах, где вносили органические удобрения. При возделывании сельскохозяйственных культур на зеленую массу очень сложно достичь положительного баланса по калию, т.к. чем больше вносится данного элемента с удобрениями, тем выше его содержание в растениях, а на легких почвах еще увеличивается и миграция вниз по профилю. В наших исследованиях бездефицитный баланс калия не обеспечила ни одна из изучаемых систем удобрения.

Установлено, что применение навоза, компостов и сапропеля позволило вернуть в почву 74-112% азота, 107-235% фосфора и 41-76% калия, вынесенных с урожаем.

Таблица 4

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

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %	баланс, ± кг/га	реутилизация, %
Без удобрений	-116,2	0	-57,1	0	-199,7	0
N90+60P50K140 – Фон	-77,4	0	-27,7	0	-197,6	0
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	47,1	107	65,9	170	-100,4	66
Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	92,7	75	98,5	131	-69,0	48
ТЛСНК, 60 т/га	58,0	112	110,7	155	-66,0	76
Фон + ТЛСНК, 60 т/га	102,0	77	88,3	124	-46,2	53
ТЖДСНК, 60 т/га	30,9	101	185,8	235	-72,5	74
Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	89,5	74	157,7	180	-47,6	53
Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	95,9	75	69,5	107	-38,5	56
Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	107,0	78	114,3	149	-80,5	41

ВЫВОДЫ

1. При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве торфо-лигново-соломисто-навозный, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компосты и подстилочный навоз, внесенные в эквивалентных по азоту дозах, по влиянию на урожайность были равнозначны и обеспечили дополнительный сбор зеленой массы на уровне 159-171 ц/га при окупаемости 1 т подстилочного навоза 272 кг, 1 т ТЛСНК – 265 кг, 1 т ТЖДСНК – 285 кг зеленой массы.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Наибольшая урожайность зеленой массы кукурузы получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения и составила 636-662 ц/га, при этом 1 кг NPK, содержащийся в органических удобрениях обеспечил получение 16-18 кг зеленой массы, 1 кг NPK минеральных удобрений – 35-38 кг.

2. В среднем за два года доля почвенного плодородия в формировании урожайности зеленой массы кукурузы составила 57%, органических удобрений – 16%, минеральных удобрений – 19%, за счет эффекта взаимодействия органических и минеральных удобрений получено 8% урожая.

3. Вынос основных элементов питания с 1 т зеленой массы кукурузы 75% влажности мало изменялся по вариантам и в среднем по опыту составил: азот – 3,8 кг, фосфор – 1,7 кг, калий – 5,5 кг.

4. Применение минеральных удобрений в дозе N90+60P60K140 было недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса элементов питания. Положительный баланс азота и фосфора отмечен во всех вариантах, где вносили органические удобрения, бездефицитный баланс калия не обеспечила ни одна из изучаемых систем удобрения.

Применение навоза, компостов и сапропеля позволило вернуть в почву 74-112% азота, 107-235% фосфора и 41-76% калия, вынесенных с урожаем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
2. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар и [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Smith, C.W. Corn: Origin, History, Technology and Production / C.W. Smith, J. Betran, E.C. Rung. – John Wiley and Sons, 2004. – 949 p.
4. Справочник агронома / А.Н. Анохин [и др.] – Минск: Ураджай, 1982 – 386 с.
5. Надточаев, Н.Ф. Досье на кукурузу. В помощь агроному / Н.Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство – 2003 – № 4. – С.37-38.
6. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза в Беларуси / Н.Ф. Надточаев, Л.П. Шиманский, М.А. Мелешкевич // Кукуруза и сорго. – 2008. – № 4 – С. 22-24.
7. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – С. 270-281.

MAISE RESPONSIVENESS TO THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS VARIOUS TYPES IN THE CULTIVATION ON SOD-PODSOLIC SANDY LOAM SOIL

T.M. Seraya, O.M. Biryukova, E.N. Bogatyreva, E.G. Mezentseva

Summary

The comparative efficacy of organic composts, sapropel and litter cattle manure in the maize green mass cultivation on sod-podzolic sandy loam soil is studied.

Поступила 18 мая 2012 г.