

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8.0223:633.112.9:631.445.2

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

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

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений, обеспечивающих экономическую безопасность и сохранение государственного суверенитета страны, является продовольственная безопасность. Безопасность в сфере продовольствия предполагает гарантированное обеспечение качественной сельскохозяйственной продукцией на основе устойчивого инновационного развития агропромышленного производства [1, 2].

Важнейшей стратегической задачей в решении продовольственной независимости любого государства является производство зерна в объемах, обеспечивающих потребность населения в продовольствии на необходимом уровне, достаточном для здорового питания, животноводства – в качественных кормах. Согласно Государственной программе устойчивого развития села, производство зерна к 2015 г. планируется довести до уровня 12 млн. тонн.

Из возделываемых в Республике Беларусь зерновых культур озимая пшеница, являясь наиболее ценной продовольственной культурой, занимает все более значимое место в обеспечении потребности республики в зерне. Посевные площади под озимой пшеницей с каждым годом увеличиваются: в 2009 г. ее возделывали на площади 327,7 тыс. га, в 2010 г. – на 342,2 тыс. га, в 2011 г. она высеяна на 377,7 тыс. га, а под урожай 2012 г. уже было отведено более 500 тыс. га. В 2011 г. в условиях Беларуси среди зерновых колосовых культур озимая пшеница обеспечила самую высокую урожайность: в среднем по республике с 1 га получено 34,7 ц зерна пшеницы.

Озимая пшеница относится к числу культур довольно требовательных к почвенному плодородию. Наиболее пригодными почвами для возделывания этой культуры являются легко- и среднесуглинистые, подстилаемые моренным и лессовидным суглинком, характеризующиеся близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{KCl} 6,0–6,5), содержанием гумуса не менее 1,8 % и достаточным количеством элементов питания (подвижного фосфора и калия не менее 150 мг/кг почвы) [3].

Продуктивность зерна озимой пшеницы и его качество зависят от совокупности факторов: предшественника, погодных условий во время вегетации, технологии возделывания, применяемых удобрений и др. [4–9]. В комплексе агротехнических

мероприятий, способствующих получению высококачественного зерна озимой пшеницы, ведущая роль принадлежит органическим и минеральным удобрениям. Органические удобрения наибольший эффект оказывают при внесении их под культуры с продолжительным периодом вегетации (пропашные и озимые зерновые культуры), т.к., подвергаясь в почве постепенной минерализации, обеспечивают растения необходимыми элементами питания в течение всего вегетационного периода, что, в свою очередь, благоприятно влияет на величину и качество урожая.

Проблемой для сельскохозяйственных организаций республики и экологии страны в последнее время является бесподстилочный навоз, который составляет 50 % от общего количества навоза. В составе бесподстилочного навоза 20 % приходится на полужидкий навоз, для внесения которого в настоящее время в республике отсутствуют сельхозмашины. Поэтому насущной задачей является утилизация этого навоза путем компостирования с другими органическими компонентами, имеющими высокую емкость поглощения, в первую очередь, торфом. В настоящее время на сельскохозяйственные нужды добывается значительно меньшее количество торфа, чем требуется для утилизации полужидкого навоза с учетом имеющегося поголовья скота. Это обуславливает использование, наряду с торфом, таких влагопитывающих органических компонентов, как излишки соломы сельскохозяйственных культур, отход гидролизного производства (гидролизный лигнин) и др.

Цель исследований – изучить агроэкономическую эффективность органических компостов при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению эффективности компостов, приготовленных на основе полужидкого навоза, торфа, лигнина, дефеката, жома и соломы, на урожайность и качество озимой пшеницы проводили в 2009–2011 гг. в стационарном полевом опыте в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке почве.

Почва опытного участка имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,4–6,5), недостаточное содержание гумуса (1,51–1,64 %), высокую обеспеченность подвижными формами фосфора (364–390 мг/кг почвы) и магния (437–452 мг MgO на 1 кг почвы), характеризовалась повышенным содержанием подвижных форм калия (233–257 мг K_2O на 1 кг почвы), средней обеспеченностью обменными формами кальция (1047–1085 мг/кг почвы). Повторность вариантов в опыте четырехкратная, общая площадь делянки – 25 м², учетная – 16 м².

В опыте удобрения внесены согласно схеме, представленной в таблице 2. Фосфорные и калийные удобрения в полной дозе внесены осенью под предпосевную культивацию. Проведены две подкормки озимой пшеницы азотными удобрениями: первая ранней весной в начале активной вегетации (1-я декада апреля) в дозе 70 кг д.в./га и вторая в фазу начало выхода в трубку (1-я декада мая) в дозе 40 кг д.в./га. Органические удобрения внесены осенью под вспашку. Качественные показатели органических удобрений представлены в таблице 1.

В опыте возделывали озимую пшеницу Тонация. Посев озимой пшеницы проводили во второй декаде сентября сплошным рядовым способом сеялкой СПУ-4 с нормой высева 4,5 млн. всхожих семян на гектар. Глубина заделки семян – 3–4 см.

Показатели качественного состава компостов на естественную влажность
(среднее за 2009–2010 гг.)

Показатель	Торфо-соломисто-навозный компост	Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост	Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост	Дефекато-соломисто-навозный компост
Влажность, %	73,8	71,4	70,2	69,8
Зольность, %	6,6	7,8	12,6	12,2
Сухое вещество, %	26,2	28,6	29,8	30,2
Органическое в-во в пересч. на С, %	9,8	10,4	8,5	9,0
N, %	0,48	0,42	0,42	0,38
P ₂ O ₅ , %	0,29	0,26	0,35	0,37
K ₂ O, %	0,45	0,39	0,42	0,5
CaO, %	0,29	0,29	4,45	4,09
MgO, %	0,09	0,08	0,18	0,16
Соотношение C:N	20	23	20	24
pH _{KCl}	7,2	7,2	8,1	8,1

Уход за посевами озимой пшеницы включал: после сева озимой пшеницы на 5–й день проведена довсходовая обработка посевов гербицидом Кугар, КС (1 л/га) против однолетних двудольных и злаковых сорняков; осенью в фазе кущения культуры посеvy были обработаны фунгицидом Фундазол, СП (0,6 кг/га) против мучнистой росы, снежной плесени и фузариозов; весной в фазу трубкования посеvy озимой пшеницы дважды обработаны фунгицидом Фалькон, КЭ (0,6 л/га) против мучнистой росы, септориоза и ржавчины.

Уборку проводили комбайном Сампо–500 в фазу полной спелости зерна. Учет урожайности зерна озимой пшеницы проводили сплошным методом поделяночно.

В почвенных образцах агрохимические показатели определяли 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); обменные кальций и магний – на атомно–абсорбционном спектрофотометре ААС–30 (ГОСТ 26487–85).

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение pH в KCl – по ГОСТ 27979–88; влаги и сухого остатка – по ГОСТ 26713–85; золы – по ГОСТ 26714–85; органического вещества – по ГОСТ 27980–88; общего азота – по ГОСТ 26715–85; общего фосфора – по ГОСТ 26717–85; общего калия – по ГОСТ 26718–85; обменных кальция и магния – по ГОСТ 27894.10–88.

Химический состав образцов зерна озимой пшеницы определяли на инфракрасном спектрофотометре «Инфрапид», аминокислотный состав зерна – на жидкостном хроматографе «Agilent–1100». Для оценки биологического качества зерна использовали расчетные показатели «химического числа» и «аминокислотного сора» [10].

В образцах соломы озимой пшеницы определяли следующие показатели: общий азот, фосфор, калий из одной навески после мокрого озоления серной

2. Плодородие почв и применение удобрений

кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93); фосфор – на фото-электроколориметре (ГОСТ 26657–85); калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97); кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97).

Таблица 2

Агронимическая эффективность компостов, внесенных под озимую пшеницу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка, ц/га			Окупаемость, кг зерна		Сборк. ед., ц/га
		к контролю	от органических удобрений	от НРК	1 т органических удобрений	1 кг НРК	
Без удобрений (контроль)	36,5	–	–	–	–	–	43,8
$N_{70+40} P_{60} K_{120}$	65,2	28,7	–	28,7	–	9,9	78,2
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	45,7	9,2	9,2	–	30,7	–	54,8
Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост, 30 т/га	44,9	8,4	8,4	–	28,0	–	53,9
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	45,8	9,3	9,3	–	30,8	–	55,0
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	44,5	8,0	8,0	–	26,7	–	53,4
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	74,0	37,5	8,8	28,3	29,3	9,8	88,8
Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	73,0	36,5	7,8	28,1	25,8	9,7	87,6
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	73,8	37,3	8,6	28,0	28,7	9,7	88,6
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	73,5	37,0	8,3	29,0	27,7	10,0	88,2
НСР ₀₅	2,2						2,6

Расчет баланса элементов питания и экономической эффективности выполнен согласно принятым методикам [11, 12]. Для статистической обработки экспериментального материала применяли метод дисперсионного анализа с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ урожайных данных озимой пшеницы показал, что в среднем за два года за счет плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при соблюдении всех агроприемов возделывания культуры сформировано 36,5 ц/га зерна (табл. 2).

Внесение минеральных удобрений обеспечило прибавку урожайности зерна на уровне 28,7 ц/га. Органические удобрения, внесенные под озимую пшеницу, также обеспечили достаточно высокие прибавки зерна: торфо-соломисто-навозный компост – 9,2 ц/га, торфо-лигнино-соломисто-навозный, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный и дефекато-соломисто-навозный компосты – 8,4, 9,3 и 8,0 ц/га зерна соответственно. При этом 1 кг NPK минеральных удобрений окупался 9,9 кг зерна, 1 т органических удобрений – 26,7–30,8 кг зерна.

Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения и в среднем за два года была на уровне 73,0–74,0 ц/га. Прибавка зерна от внесения компостов отличалась незначительно и составила 7,7–8,8 ц/га, прибавка от внесения минеральных удобрений также была близкой во всех изучаемых вариантах – 28,1–29,0 ц/га. Окупаемость 1 т внесенных компостов при органоминеральной системе удобрения составила 25,8–29,3 кг зерна. Каждый внесенный килограмм действующего вещества минеральных удобрений обеспечил получение 9,7–10,0 кг зерна озимой пшеницы.

Влияние новых компостов на урожайность озимой пшеницы во всех опытных вариантах было аналогично влиянию торфо-соломисто-навозного компоста.

Оценивая роль отдельных факторов в формировании урожайности озимой пшеницы установлено, что при соблюдении элементов технологии возделывания культур за счет почвенного плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы сформировано 50 % урожая (рис. 1). Применение минеральных удобрений обеспечило формирование 39 % урожая, органических компостов – 11 %.

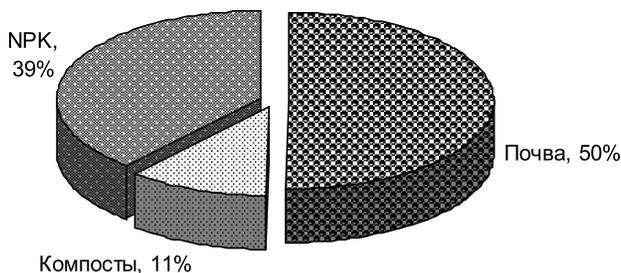


Рис. 1. Роль отдельных факторов в формировании урожайности зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Анализ растительных образцов показал, что содержание фосфора и магния в зерне озимой пшеницы мало зависело от систем удобрения и характеризовалось достаточно постоянными величинами. Содержание азота в зерне озимой пшеницы было в пределах 1,90–2,10 %, фосфора – 0,74–0,77 %, калия – 0,61–0,70 %, кальция – 0,03–0,05 % и магния – 0,15 % (табл. 3).

Содержание азота в соломе озимой пшеницы было на уровне 0,64–0,72 %, фосфора – 0,42–0,44 %, калия – 1,2–1,3 %, кальция – 0,20–0,22 %, магния – 0,10 %.

Важнейшим компонентом при оценке качества зерна озимой пшеницы является содержание белка, сбор которого с единицы площади напрямую связан с урожайностью этой культуры. При возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве минимальный выход кормовых единиц (43,8 ц/га) получен в варианте без удобрений при наиболее низком сборе с 1 га переваримого протеина и кормопротеиновых единиц – 326 кг и 41,5 ц (табл. 2,4).

Таблица 3

Содержание основных элементов питания в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % в сухом веществе (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений (контроль)	1,93	0,74	0,62	0,03	0,15
N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1,98	0,74	0,66	0,03	0,15
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	1,90	0,77	0,61	0,03	0,15
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га	1,95	0,75	0,68	0,03	0,15
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	1,96	0,77	0,70	0,04	0,15
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	1,92	0,75	0,65	0,04	0,15
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,08	0,76	0,70	0,03	0,15
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,10	0,77	0,71	0,03	0,15
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,06	0,77	0,69	0,05	0,15
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,07	0,76	0,71	0,05	0,15
НСР ₀₅	0,09	0,04	0,06	0,004	0,015

Минеральные удобрения обеспечили дополнительное формирование 34,4 ц/га кормовых единиц, увеличивая сбор переваримого протеина и кормопротеиновых единиц в 1,8 раза. При этом достаточно значимых изменений в содержании сырого (12,4 %) и переваримого (10,7 %) протеина по сравнению с неудобренным вариантом (12,1 % и 10,4 % соответственно) не установлено.

При внесении торфо-лигнинно-соломисто-навозного компоста и компостов с использованием отходов свеклосахарного производства выход кормовых единиц и качественные показатели зерна озимой пшеницы были на уровне варианта с торфо-соломисто-навозным компостом. На фоне органических удобрений в среднем дополнительный сбор кормовых единиц составил 10,5 ц/га, переваримого протеина – 82 кг/га, кормопротеиновых единиц – 10,1 ц/га по сравнению с неудобренным вариантом. Под влиянием внесенных компостов содержание сырого и переваримого протеина, а также обеспеченность 1 кг корма и 1 к.ед. переваримым протеином существенно не изменялись по сравнению с вариантом без удобрений.

Зерно лучшего качества при более высоком сборе переваримого протеина, кормовых и кормопротеиновых единиц получено в вариантах, предусматривающих внесение органических и минеральных удобрений. Сбор кормовых единиц в этих вариантах превышал данный показатель неудобренного варианта в среднем на 44,5 ц/га по сравнению с минеральной и органической системами удобрения – на 10,1 и 34,0 ц/га соответственно (табл. 2). Аналогичное влияние комплексного применения органических и минеральных удобрений оказано на сбор белка и кормопротеиновых единиц. При органоминеральной системе удобрения установлено существенное увеличение содержания сырого и переваримого протеина в зерне озимой пшеницы относительно варианта без удобрений. Эти показатели

достигли в среднем 13,0 и 11,2 % соответственно при обеспеченности 1 кг корма и 1 к.ед. переваримым протеином на уровне 96 г и 80 г (табл. 4).

Таблица 4

Влияние удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	Сырой протеин	Переваримый протеин	Сбор переваримого протеина, кг/га	Сбор КПЕ, ц/га	Сп, г/кг корма	Пп, г/кг корма	Обеспеченность 1 к.ед Пп, г
	% в сухом веществе						
Без удобрений (контроль)	12,1	10,4	326	41,5	104	89	75
$N_{70+40} P_{60} K_{120}$	12,4	10,7	600	75,1	106	92	77
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	11,9	10,3	405	51,7	102	89	74
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га	12,2	10,5	405	51,3	105	90	75
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	12,3	10,6	418	52,5	105	91	76
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	12,0	10,5	402	50,8	103	90	75
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	13,0	11,2	713	87,2	112	96	80
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	13,1	11,3	709	86,4	113	97	81
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	12,9	11,1	704	86,5	111	95	80
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	12,9	11,0	695	85,8	111	95	79
НСР ₀₅	0,57	0,51					

Применение удобрений оказывает влияние не только на содержание белка, но изменяет и его качество. Определение аминокислотного состава зерна озимой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, показало, что применяемые удобрения оказывали неодинаковое влияние на содержание незаменимых аминокислот. Минеральные удобрения в дозе 290 кг д.в./га не способствовали повышению исследуемых кислот в зерне (табл. 5).

Улучшение аминокислотного состава установлено только при комплексном внесении минеральных и органических удобрений. При этом на фоне приготовленных компостов отмечено одинаковое положительное влияние на содержание аминокислот. Органоминеральная система удобрения в среднем по опытным вариантам обеспечила увеличение лизина с 2,33 до 3,11 г/кг зерна, критических аминокислот – с 6,98 до 7,93 г/кг, незаменимых аминокислот – с 29,36 до 31,76 г/кг зерна.

Расчет биологической ценности белка по «химическому числу» был произведен на основании аминокислотного состава зерна озимой пшеницы, где каждая незаменимая аминокислота выражается в процентном отношении к содержанию

2. Плодородие почв и применение удобрений

этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца, и «аминокислотному скору», который аналогичен вышеизложенному методу, однако в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы используется шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (шкала ФАО/ВОЗ). Лучшие показатели биологической ценности белка, рассчитанные по содержанию критических и незаменимых аминокислот, характерны для вариантов, предусматривающих внесение органических удобрений в сочетании с минеральными (табл. 6).

Таблица 5

**Аминокислотный состав зерна озимой пшеницы, г/кг зерна
(среднее за 2010–2011 гг.)**

Вариант	Лизин*	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма критических аминокислот*	Сумма незаменимых аминокислот
Без удобрений (контроль)	2,33	3,22	1,43	5,12	4,43	7,79	5,05	6,98	29,36
$N_{70+40} P_{60} K_{120}$	2,17	3,03	1,45	5,15	4,37	7,75	4,93	6,64	28,82
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	3,34	3,42	1,42	5,44	4,66	8,39	5,44	8,17	32,09
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	3,30	3,36	1,36	5,41	4,58	8,31	5,42	8,02	31,74
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	2,92	3,44	1,43	5,49	4,60	8,31	5,51	7,79	31,68
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	2,89	3,40	1,45	5,41	4,53	8,38	5,45	7,74	31,51

Таблица 6

Биологическая ценность белка озимой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание лизина, мг/г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
Без удобрений (контроль)	22,4	71	55	43,8	69,1	58,5	89,4
$N_{70+40} P_{60} K_{120}$	20,2	71	55	40,7	65,9	54,6	85,3
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	29,8	71	55	46,0	69,6	61,0	90,0
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	29,2	71	55	44,6	68,2	59,2	88,1
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	26,3	71	55	44,9	69,6	59,6	90,0
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	26,3	71	55	45,1	69,8	60,0	90,2

Расчеты показали, что содержание лимитирующей аминокислоты лизина в исследуемом зерне в варианте без удобрений составило 41 % от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ. Одностороннее применение минеральных удобрений несколько снижало этот показатель. Наиболее благоприятные условия по увеличению содержания данной аминокислоты в зерне озимой пшеницы сформированы в вариантах с органическими и минеральными удобрениями. При внесении $N_{70+40}P_{60}K_{120}$ на фоне торфо-лигнинно-соломисто-навозного и торфо-соломисто-навозного компостов содержание лизина в зерне достигло 54 % от рекомендуемого стандарта ФАО/ВОЗ, на фоне компостов с использованием отходов свеклосахарного производства – 48 %.

Содержание основных элементов питания в сельскохозяйственных культурах в зависимости от ряда факторов (погодных условий, доз органических и минеральных удобрений, обеспеченности почвы элементами питания и т.п.) может существенно изменяться. Для более объективной оценки эффективности систем удобрения рассчитан хозяйственный (общий) и удельный (нормативный) вынос элементов питания. При возделывании озимой пшеницы общий вынос элементов питания основной и побочной продукцией зависел как от их содержания в растениях, так и от ее урожайности (табл. 7). Минимальный вынос элементов питания отмечен в варианте без удобрений. Внесение минеральных удобрений увеличило общий вынос азота на 66 кг/га, фосфора – на 27, калия – на 45, кальция – на 5 и магния – на 7 кг/га. В вариантах с внесением компостов вынос кальция и магния был на уровне неудобренного варианта, вынос азота, фосфора и калия соответственно на 17 кг/га, 8 и 18 кг/га выше. Наиболее высоким уровнем хозяйственного выноса элементов питания характеризуются варианты с максимальной урожайностью – внесение $N_{70+40}P_{60}K_{120}$ на фоне компостов. В данных вариантах вынос азота составил 169–172 кг/га, фосфора – 71–73, калия – 128–138, кальция и магния – 15–16 кг/га.

Для расчета доз удобрений под планируемую урожайность важным и достаточно стабильным показателем является удельный вынос элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции. Установлено, что в опыте с озимой пшеницей удельный вынос составил в среднем по опытным вариантам 22,5 кг азота, 9,9 кг фосфора, 17,6 кг калия, 2,1 кг кальция и 2,1 кг магния (табл. 7).

Таблица 7

Вынос элементов питания озимой пшеницей в зависимости от применяемых удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Хозяйственный 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
Без удобрений (контроль)	82	37	61	9	8	22,5	10,2	16,7	2,4	2,2
$N_{70+40}P_{60}K_{120}$	148	64	106	14	14	22,7	9,9	16,3	2,1	2,1
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	98	45	81	9	9	21,5	9,9	17,7	2,0	2,0
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га	98	44	80	9	10	21,8	9,8	17,9	2,0	2,1
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	102	46	80	10	9	22,3	9,9	17,4	2,1	2,0

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 7

Вариант	Хозяйственный 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
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	97	43	76	9	9	21,8	9,7	17,2	2,0	1,9
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	171	72	128	16	15	23,1	9,8	17,4	2,2	2,0
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	172	73	132	16	16	23,5	9,9	18,1	2,2	2,1
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	170	72	138	16	16	23,1	9,8	18,6	2,1	2,1
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	169	71	135	15	15	23,0	9,7	18,4	2,1	2,0

Для оценки эффективности применяемых удобрений под озимую пшеницу на основании полученных экспериментальных данных рассчитан хозяйственный баланс элементов питания и их реутилизация (табл. 8).

Расчеты показали, что при урожайности зерна озимой пшеницы на уровне 65 ц/га внесенные с минеральными удобрениями дозы азота и фосфора были недостаточны для обеспечения бездефицитного баланса этих элементов. Положительный баланс основных элементов питания отмечен во всех вариантах, где вносили органические удобрения.

Таблица 8

Баланс элементов питания при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %
Без удобрений (контроль)	-82	0	-37	0	-61	0	-9	0	-8	0
N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	-38	0	-4	0	14	0	-14	0	-14	0
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	46	147	42	191	54	167	78	967	18	300
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га	28	129	34	178	37	146	78	967	14	240
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	24	123	59	230	46	158	1325	13350	45	600

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ±кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ± кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ± кг/га	Реутилизация, %	Баланс, ± кг/га	Реутилизация, %
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	17	117	68	257	74	196	1218	13633	39	533
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	83	84	75	120	127	105	71	543	12	180
Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	64	73	65	107	105	88	71	544	8	150
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	66	74	93	145	108	92	1319	8344	38	338
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + N ₇₀₊₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	55	67	100	156	135	111	1212	8180	33	320

Реутилизация характеризует повторное использование элементов питания. Установлено, что с внесением 30 т/га компостов в почву возвращается 117–147 % азота, вынесенного с урожаем, 178–257 % фосфора, 158–196 % калия. При органо-минеральной системе удобрения эти показатели были следующими: 67–84 % азота, 107–156 % фосфора и 92–11 % калия, вынесенных с урожаем. При внесении компостов, в состав которых входит дефекат, отпадает необходимость в известковании данных участков.

Экономическая оценка различных систем применения удобрений является важным показателем, обеспечивающим рациональный, экономически оправданный подход к применению органических и минеральных удобрений. Расчет экономической эффективности применения новых компостов под озимую пшеницу (продовольственная, 3-й класс) выполнен в ценах на продукцию на 26.07.2011 г. и удобрения на 28.10.2011 г. Согласно методике, затраты на приготовление и внесение компостов под первую культуру брали из расчета 60 % от общей суммы (25 % – на 2-й год, 15 % – на 3-й год после внесения) [12].

Анализ проведенных расчетов показал, что на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве применение минеральных удобрений в дозе N₇₀₊₄₀ P₆₀ K₁₂₀

2. Плодородие почв и применение удобрений

под озимую пшеницу способствовало получению чистого дохода на уровне 1007,3 тыс. руб., показатель рентабельности от внесения минеральных удобрений в опыте с озимой пшеницей характеризовался максимальной величиной – 80 % (табл. 9).

Таблица 9

Экономическая эффективность удобрений при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Эффективность применения удобрений			
	всего		органические удобрения	
	чистый доход, тыс. руб./га	рентабельность, %	чистый доход, тыс. руб./га	рентабельность, %
Без удобрений (контроль)	–	–	–	–
$N_{70+40} P_{60} K_{120}$	1007,3	80	–	–
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га	83,4	13	83,4	13
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га	19,2	3	19,2	3
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	104,5	17	104,5	17
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га	52,2	9	52,2	9
Торфо-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	1064,6	56	57,3	9
Торфо-лигнинно-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	987,4	52	–26,4	–4
Торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	1066,2	56	58,8	9
Дефекато-соломисто-навозный компост, 30 т/га + $N_{70+40} P_{60} K_{120}$	1079,0	58	71,7	12

Одностороннее применение компостов в дозе 30 т/га при возделывании озимой пшеницы также было прибыльным, однако чистый доход был невысоким – 19,2–104,5 тыс. руб. при уровне рентабельности 3–17 %.

В вариантах с применением органоминеральной системы удобрения, где получена максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (73,0–74,0 ц/га) с наилучшими показателями качества продукции, чистый доход от применения удобрений составил 987,4–1079,0 тыс. руб./га с рентабельностью 52–58 %. При этом чистый доход от применения компостов был на уровне 57,3–71,7 тыс. руб./га, а внесение торфо-лигнинно-соломисто-навозного компоста на фоне $N_{70+40} P_{60} K_{120}$ обеспечило небольшой убыток – 26,4 тыс. руб./га.

В целом, отмеченное преимущество минеральной системы удобрения по показателям экономической эффективности, по-видимому, связано с тем, что минеральные удобрения под культуры вносятся в оптимальных соотношениях по основным элементам питания, которые находятся в доступных для растений формах. Несмотря на более низкие показатели экономической эффективности, органическим удобрениям в современных условиях принадлежит ведущая роль в комплексной химизации земледелия, т.к. систематическое применение орга-

нических удобрений, улучшая пищевой, физико-химический и водно-воздушный режим почв, способствует также росту эффективности использования минеральных удобрений.

Оценивая показатели экономической эффективности торфо-лигнино-соломисто-навозного компоста и компостов с использованием отходов свекло-сахарного производства, можно заключить, что их приготовление и внесение в сочетании с минеральными удобрениями экономически оправданно, поскольку позволяет, с одной стороны, утилизировать полужидкий навоз и отходы производства, предотвращая загрязнение окружающей среды, с другой стороны, способствует получению дополнительного чистого дохода.

ВЫВОДЫ

1. Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост и компосты с использованием отходов свеклосахарного производства по влиянию на урожайность озимой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, были равноценны влиянию торфо-соломисто-навозного компоста. Прибавка урожайности при внесении компостов в дозе 30 т/га составила 8,0–9,3 ц/га зерна.

Наиболее высокая урожайность озимой пшеницы (73,0–74,0 ц/га) получена в вариантах с органоминеральной системой удобрения. Окупаемость 1 т внесенных компостов при органоминеральной системе удобрения отличалась несущественно и в среднем составила 27,9 кг зерна озимой пшеницы, 1 кг действующего вещества минеральных удобрений – 9,8 кг зерна.

2. Показатели качества зерна озимой пшеницы на фоне внесения торфо-лигнино-соломисто-навозного, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного и дефекато-соломисто-навозного компостов были на уровне варианта с торфо-соломисто-навозным компостом.

Зерно лучшего качества при более высоком сборе переваримого протеина (695–713 кг/га), кормовых (87,6–88,8 ц/га) и кормопротеиновых (85,8–87,2 ц/га) единиц получено в вариантах с органоминеральной системой удобрения. Содержание сырого и переваримого протеина в зерне озимой пшеницы в этих вариантах, достигая в среднем 13,0 и 11,2 % соответственно, было существенно выше относительно варианта без удобрений.

3. Удельный вынос элементов питания с 1 т зерна озимой пшеницы и соответствующим количеством побочной продукции практически не изменялся по вариантам и составил в среднем по опыту: азот – 22,5 кг, фосфор – 9,9 кг, калий – 17,6 кг, кальций – 2,1 кг, магний – 2,1 кг.

4. Применение органических компостов способствовало положительному балансу основных элементов питания, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{70+40} P_{60} K_{120}$ было недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса азота и фосфора.

5. При органоминеральной системе удобрения, где получена наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы, чистый доход достиг 987,4–1079,0 тыс. руб./га при рентабельности 52–58 %. В этих вариантах чистый доход от применения компостов был на уровне 57,3–71,7 тыс. руб./га, внесение торфо-лигнино-соломисто-навозного компоста было убыточным (26,4 тыс. руб./га). Одностороннее применение компостов в дозе 30 т/га при возделывании озимой

пшеницы также было прибыльным, чистый доход был невысоким – 19,2–104,5 тыс. руб. при уровне рентабельности 3–17%

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы. – Минск: ГИВЦ Минсельхозпрода, 2011. – 87 с.
2. Ильина, З.М. Продовольственная безопасность Республики Беларусь: современные тенденции / З.М. Ильина // Весці НАН Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2012. – № 4 – С. 5–15.
3. Производство озимой пшеницы / И.К. Коптик [и др.] // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси; под общ. ред. М.А. Кадырова. – Минск, 2005. – С. 33–41.
4. Влияние азотных удобрений на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы на высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.В. Лапа [и др.] // Агрехимия. – 1998. – № 12. – С. 32–35.
5. Вахитова, Р.Р. Приемы управления формированием урожая озимой пшеницы / Р.Р. Вахитова, А.Р. Касимов, Л.С. Нижегородцев // Агрехимический вестник. – 2009. – № 5. – С. 13–15.
6. Мухаметов, Э.М. Технология производства и качества продовольственного зерна / Э.М. Мухаметов [и др.]; под ред. Э.М. Мухаметова. – Минск: Дизайн–ПРО, 1996. – 256 с.
7. Картавенкова, Л.П. Влияние сроков сева и различных технологий на урожайность озимой пшеницы в Витебской области / Л.П. Картавенкова, А.А. Счастливая // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIV междунар. науч.-прак. конф., Гродно, 2011 г.: в 2 ч. / Мин-во сел. хоз-ва и продовольствия РБ, ГГАУ. – Гродно, 2011. – Ч. 1. – С. 74–76.
8. Матыс, И.С. Влияние сроков сева на показатели качества зерна сортов озимой пшеницы / И.С. Матыс, А.А. Пугач, В.И. Кочурко // Актуальные проблемы и пути их решения: материалы междунар. науч.-прак. конф., посвящ. деятельности проф. И.А. Стебута, Горки, 16–18 янв. 2005 г. / БГСХА; редкол.: А.Р. Цыганов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2005. – Вып. 1, ч. 1: Биологические основы адаптивного растениеводства. – С. 83–86.
9. Голуб, И.А. Научные основы формирования высоких урожаев озимых зерновых культур в Беларуси / И.А. Голуб. – Минск: Ураджай, 1996. – 196 с.
10. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2005. – 14 с.
11. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.
12. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

AGROECONOMIC EFFICIENCY OF ORGANIC FERTILIZERS AT WINTER WHEAT CULTIVATION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

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

Comparative efficiency of application of new and traditional composts at winter wheat cultivation on sod-podsolic light loamy soil has been studied. The highest productivity of grain of winter wheat (73,0–74,0 t/ha) with the best indexes of quality and profitability of fertilizers application 52–58 % is received in variants with organic-mineral fertilizer system.

Поступила 28 ноября 2012 г.

УДК 631.86:633.853.494:631.445.2

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

О.М. Бирюкова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В условиях Республики Беларусь рапс является одним из главных источников сырья для производства пищевого растительного масла, биотоплива, жмыхов и шротов, служащих высокобелковой добавкой к комбикормам. По пищевой и кормовой ценности рапс превосходит многие сельскохозяйственные культуры. В семенах рапса содержится 20–33 % сырого протеина и 40–48 % жира [1]. Важными задачами, стоящими в настоящее время перед сельским хозяйством, являются увеличение объемов производства растительного масла, потребность в котором составляет более 120 тыс. тонн, и обеспечение животноводства высокобелковыми кормами собственного производства [2]. По данным Цытрон Г.С. с соавторами [3], для возделывания рапса пригодны 41,9 % пахотных земель республики. Однако учитывая, что рапс может возвращаться на то же место через 6 лет, ежегодно можно занимать под рапс не более 7 % посевных площадей, или 350 тыс. га.

В основном яровой рапс является страховой культурой, которая высевается после гибели озимого рапса. Соответственно посевные площади ярового рапса зависят от перезимовки озимого рапса и составляли по республике в 2009 г. – 22,9 тыс. га, в 2010 г. – 62,7, в 2011 г. – 87,9 тыс. га. Урожайность этой культуры в сельскохозяйственных организациях республики по-прежнему остается низкой: 9,1 ц/га – в 2008 г., 9,3 ц/га – в 2009, 8,6 ц/га – в 2010 г. Одним из основных резервов увеличения продуктивности семян ярового рапса является оптимизация системы применения удобрений в зависимости от гранулометрического состава почв и их агрохимической характеристики. Как и все крестоцветные культуры, рапс