

УДК 631.82:633.16:631.445

**АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯЧМЕНЬ
НА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ**

Е.В. Каранкевич, научный сотрудник

Н.Н. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: ячмень, дозы удобрений, агроэкономическая и энергетическая эффективность, торфяные почвы

Введение

Для удовлетворения нужд населения в продовольствии и потребностей животноводства в кормах производство зерна в Беларуси необходимо обеспечить в объеме около 10 млн.т. при снижении себестоимости продукции [1,2]. Для этого следует совершенствовать технологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур и системы применения удобрений на основе дифференциации их доз с учетом обеспеченности почв элементами минерального питания и планируемой урожайности. Решение этой проблемы касается всех культур, возделываемых на различных почвах, в том числе и ячменя, посевные площади которого составляют около 600 тыс. га. Особенно это актуально при выращивании ячменя на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, площади которых в настоящее время составляют около 200 тыс. га, в ближайшие годы они будут увеличиваться и по прогнозу могут достигнуть 350 тыс. га и более [3—6 и др.]. В отдельных хозяйствах Полесья площади таких почв уже составляют более 1000 га.

Антропогенно-преобразованные торфяные почвы (содержание органического вещества менее 50 %) образовались из торфяных в результате длительного их использования и минерализации органического вещества торфа. По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных, так и от минеральных [7,8]. Но прежде всего, антропогенно-преобразованные торфяные почвы отличаются более высоким содержанием доступного растениям азота и низким содержанием меди. В то же время посевы зерновых культур на торфяных почвах более засорены, сильнее повреждаются болезнями и вредителями, склонны к полеганию. Поэтому на этих почвах необходимо тщательнее контролировать режим азотного питания растений.

Анализ литературных источников и существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах указывает на недостаточное теоретическое и экспериментальное обоснование рекомендуе-

мых в настоящее время доз и соотношений удобрений, вносимых под ячмень. В связи с этим поиск путей их актуализации, повышения эффективности и снижения затрат на применение удобрений под эту культуру на антропогенно-преобразованных торфяных почвах актуален.

Цель исследований — установить наиболее эффективные, экономически и энергетически обоснованные сочетания доз азотных, фосфорных и калийных удобрений под ячмень на антропогенно-преобразованных торфяных почвах.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные полевые исследования проводились в 2008—2010 гг. на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (Бресткая обл., Лунинецкий р-н) на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, подстилаемых песком с глубины 35—45 см. Агрохимическая характеристика почвы (Ап): рН KCl — 5,8—5,9; содержание органического вещества — 22,4—24,3 %, подвижных соединений фосфора и калия в почве, определяемых в 0,2 М HCl вытяжке (по Кирсанову), составляло соответственно 281—365 и 271—347 мг/кг, доступных растениям соединений, определяемых в 0,2 М CH₃COOH (по Семененко и др., 2005 г.), азота — 112—121, фосфора — 105—127 и калия — 510—587 кг/га.

В качестве объекта исследований использовался ячмень сорта Дзівосны, норма высева — 4,5 млн. всхожих зерен на гектар. Предшественником являлась пелюшко-овсяная смесь, поукосно — редька масличная. опыты закладывались в 4-х кратном повторении, общая площадь делянки 50 м². В опыте изучалась эффективность трех уровней доз фосфорных и калийных удобрений и на фоне P₂O₅ — 80 и K₂O — 120 кг/га дозы азота 0, 60, 90 и 120. В качестве фосфорных удобрений использовали аммонизированный суперфосфат, калийных — хлористый калий. Азотные удобрения применялись в основном внесение в форме мочевины. Применялась агротехника возделывания ячменя, рекомендуемая для зоны Полесья на аналогичных почвах. Уборку культуры проводили прямым комбайнированием. Расчет экономической эффективности применения удобрений выполняли с учетом существующих цен на зерно и фактических затрат на возделывание ячменя (в ценах по состоянию на декабрь 2012 г.). Энергетическая эффективность рассчитана по нормативам, которые изложены в работах Г. В. Василюка, И. М. Богдевича [9], М. М. Севернева [10].

Погодные условия и влагообеспеченность почвы различались по годам и этапам органогенеза растений, что повлияло на прохождение фаз развития и формирование урожайности ячменя. Погодные условия 2008 года были благоприятными для роста и развития растений ячменя, что способствовало формированию в целом достаточно высокого уровня урожайности. Сравнительно неблагоприятные погодные условия вегетации растений были в период 2009 г.: холодные ночи апреля и особенно мая сопровождались практически отсутствием осадков в 3-й декаде апреля и 1—2 декадах мая, т.е. в

период кущения и трубкования растений, закладки колосков в колосе и будущей урожайности. Метеорологические условия вегетационного периода 2010 года для растений ячменя в целом также были неблагоприятными: острозасушливые — март и апрель и избыточно влажные — май—июль. Летний период характеризуется жаркими и влажными июнем и июлем. Температура воздуха в летние месяцы на 2,1...4,1 °С превышала среднемноголетнюю величину. Максимальные температуры воздуха в этот период достигали 30,0...33,5 °С, а на почве — до 40 °С. В июне выпало более двух месячных норм осадков, а в июле — 144 % от нормы, которые накапливались в основном на поверхности почвы. Продолжительные высокие температуры воздуха в июле негативным образом сказались на формировании урожайности ячменя. Несмотря на выпадение большого количества осадков в отдельные периоды влажность почвы была ниже оптимальной, наблюдались воздушные засухи, что отразилось на щуплости зерна ячменя.

Результаты исследований

Приведенные в табл. 1 результаты исследований показывают, что погодные условия при вегетации ячменя оказали существенное влияние на формирование урожайности. За счет почвенного плодородия урожайность колебалась от 28,0 до 45,8 ц/га. Внесение различных видов, доз и сочетаний удобрений способствовало увеличению урожайности ячменя. Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах P₄₀K₈₀ повышало урожайность в среднем за 2008—2010 гг. на 7,1 ц/га. Дальнейшее увеличение доз до P₈₀-120K₁₂₀₋₁₆₀ урожайность повышало незначительно (1,6—2,1 ц/га). Более эффективным применение фосфорных и калийных удобрений было в благоприятном по погодным условиям 2008 году. Прибавка от применения P₄₀K₈₀ составила 8,2 и от P₈₀K₁₂₀ — 11,2 ц/га. Внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений (P₁₂₀K₁₆₀) не способствовали увеличению урожайности ячменя.

Наиболее эффективным оказалось применение азотных удобрений. При внесении N₆₀₋₁₂₀ на фоне фосфорных и калийных удобрений урожайность ячменя достигала в среднем до 53,6—57,7, а в благоприятные по погодным условиям годы до 71 ц/га. Прибавка от внесения NPK составила 17,2—21,3 ц/га, в том числе от применения только азотных удобрений составила 8,5—12,6 ц/га. При этом окупаемость одного килограмма азота составила 8,8—14,2 кг зерна.

Таблица 1 — Влияние азотных удобрений на урожайность ячменя

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га		
	2008 г.	2009г.	2010г.	средняя	NPK	PK	N
1.б/уд. (контроль)	45,8	28,0	35,4	36,4	-	-	-
2. P ₄₀ K ₈₀	54,0	33,2	43,3	43,5	-	7,1	-
3. P ₈₀ K ₁₂₀	57,0	34,7	43,5	45,1	-	8,7	-
4. P ₁₂₀ K ₁₆₀	57,8	35,0	44,0	45,6	-	9,2	-
5. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₆₀	64,8	42,0	54,1	53,6	17,2	-	8,5
6. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₉₀	71,1	43,4	58,7	57,7	21,3	-	12,6
7. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₁₂₀	70,8	42,1	54,0	55,6	19,2	-	10,5

Анализ экономической эффективности применения минеральных удобрений под ячмень показывает, что высокие показатели рентабельности достигаются в варианте без внесения удобрений (табл. 2), которые составляют 75,4 %, при этом условно чистый доход находится на уровне 230,9 USD/га.

Таблица 2 — Экономическая эффективность применения минеральных удобрений на посевах ячменя (среднее за 3 года)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Экономическая эффективность			
		стоимость урожая	затраты	условно чистый доход	рентабельность, %
		USD/га			
1. б/уд. (контроль)	36,4	537,3	306,4	230,9	75,4
2. P ₄₀ K ₈₀	43,5	642,0	404,1	237,9	58,9
3. P ₈₀ K ₁₂₀	45,1	665,7	437,9	227,8	52,0
4. P ₁₂₀ K ₁₆₀	45,6	673,1	538,6	134,5	25,0
5. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₆₀	53,6	791,1	561,3	229,8	40,9
6. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₉₀	57,7	851,7	600,3	251,4	41,9
7. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₁₂₀	55,6	820,7	618,5	202,2	32,7

Однако в производстве этот вариант является невыгодным, так как подобная рентабельность получена только за счет запасов элементов питания в почве, сформированных внесением удобрений в предыдущие годы. Дальнейшее возделывание культур без удобрений на этом поле приведет к снижению содержания в почве доступных растениям соединений азота, фосфора и калия, а значит, урожайность и рентабельность последующих культур снизится.

При применении небольшой дозы фосфора и калия (P₄₀K₈₀) рентабельность составила 58,9 %. Дальнейшее увеличение доз фосфора и калия (P₈₀K₁₂₀ и P₁₂₀K₁₆₀) приводит к снижению рентабельности, которая составляет соответственно 52,0 и 25,0 %. Наиболее высокий условно чистый доход (251,4 USD/га) и рентабельность (41,9 %) получены при применении азотных удобрений (N₉₀) на фоне P₈₀K₁₂₀.

Результаты этих исследований использованы для разработки «Адаптивной системы применения удобрений под ячмень», проверялись в производственных опытах в 2011—2012 гг. на полях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства и других хозяйствах Брестской и Минской области. Приведенные в табл. 3 данные показывают, что урожайность при применении N₉₀P₇₀K₁₁₀ составила 54,6 ц/га, при этом условно чистый доход — 171,1 USD/га и рентабельность — 31,3 %. При применении базового варианта системы удобрений N₁₂₀P₈₅K₁₂₀ условно чистый доход снизился до 109,9 USD/га, а рентабельность до 18,7 %.

Приведенные результаты исследований показывают, что за счет более точной корректировки доз удобрений, особенно азотных, в новом варианте системы удобрений (адаптивная) происходит их экономия, снижаются затраты и повышаются условно чистый доход на 61,2 USD/га и рентабельность на 12,6 %.

Таблица 3 — Экономическая эффективность применения минеральных удобрений на посевах ячменя (производственные опыты 2011—2012 гг. ПОСМЗШЛ)

Вариант системы удобрений	Урожайность, ц/га			Экономическая эффективность			
				стоимость урожая	затраты	условно чистый доход	рентабельность, %
	2011 г.	2012 г.	среднее	USD/га			
N ₁₂₀ P ₈₅ K ₁₂₀ (базовая)	52,8	41,5	47,2	696,7	586,8	109,9	18,7
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₁₀ (адаптивная)	54,6	42,6	48,6	717,3	546,2	171,1	31,3
± к базовой	+1,8	+1,1	+1,4	+20,6	-40,6	+61,2	+12,6

Приведенные результаты исследований показывают, что за счет более точной корректировки доз удобрений, особенно азотных, в новом варианте системы удобрений (адаптивная) происходит их экономия, снижаются затраты и повышаются условно-чистый доход на 61,2 USD/га и рентабельность на 12,6 %.

Важной характеристикой технологических процессов в земледелии является их энергетический потенциал, оценка которого не зависит от конъюнктуры цен на удобрения, зерно, топливо и др. Для оценки энергетической эффективности применения удобрений приходная часть энергетического баланса представляет собой производство дополнительно полученной продукции на её энергетическую ценность. Возрастающие дозы используемых удобрений увеличивают энергию в прибавке урожайности (табл. 3). При-

Таблица 4 — Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений на посевах ячменя

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка от удобрений	Энергетическая эффективность			
			Энергия в прибавке	Затраты энергии	Прирост энергии	Коэффициент энергоотдачи
	ц/га		ГДж/га			
1. Б/уд. (контроль)	36,4	-	-	-	-	-
2. P ₄₀ K ₈₀	43,5	7,1	11,9	3,5	8,4	2,4
3. P ₈₀ K ₁₂₀ - Фон*	45,1	8,7	14,6	4,8	9,8	2,0
4. P ₁₂₀ K ₁₆₀	45,6	9,2	15,4	5,9	9,5	1,6
5. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₆₀	53,6	17,2	28,8	12,0	16,8	1,4
6. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₉₀	57,7	21,3	35,7	15,5	20,2	1,3
7. P ₈₀ K ₁₂₀ +N ₁₂₀	55,6	19,2	32,2	17,3	14,9	0,9

менение фосфорных и калийных удобрений способствует увеличению общей энергии с 15,4 до 11,9 ГДж/га. Увеличение дозы азота с 60 до 120 способствует повышению содержания энергии в прибавке урожая с 17,3 до 12,0 ГДж/га. Энергетические затраты напрямую зависят от величины прибавки урожая и дозы удобрений. Применение возрастающих доз азотных, а также фосфорных и калийных удобрений существенно повышает расходную часть энергетического баланса. Поэтому наибольшие затраты энергии были в варианте P₈₀K₁₂₀+N₁₂₀, которые составляют 17,3 ГДж/га. В связи с низкими затратами

энергии наиболее высокий коэффициент энергоотдачи установлен в варианте $P_{40}K_{80}$ который составил 2,4. В целом внесение минеральных удобрений в опыте было энергетически эффективным, так как коэффициент энергоотдачи по всем вариантам превышает 1.

Выводы

1. Применение минеральных удобрений на антропогенно-преобразованных торфяных почвах способствует повышению урожайности ячменя в среднем за 3 года на 17,2—21,3 ц/га, достигая уровня 57,7 ц/га, а при более благоприятных погодных условиях — 71,1 ц/га.

2. Наиболее высокий уровень условно чистого дохода 251,4 USD/га и рентабельность в размере 41,9 % получены при внесении 90 кг/га д.в. азота на фоне $P_{80}K_{120}$, обеспечивающих формирование урожайности ячменя на уровне 57,7 ц/га. В этом же варианте применения удобрений получена наибольшая прибыль энергии 20,2 Гдж/га.

Таким образом, при низкой обеспеченности почв азотом опытная доза N_{90} является самой оптимальной.

3. Установленные в опыте нормативы применения доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на планируемую урожайность ячменя с учетом содержания доступных растениям соединений элементов питания в производственных условиях обеспечивают экономию удобрений, получение дополнительного дохода 61,2 \$/га и повышение рентабельности возделывания ячменя на 12,6 %.

Литература

1. Гусаков, В. Производства зерна и кормов требует первоочередного учета затрат / В. Гусаков // *Агрэкономика*. — 2005. — № 11. — С. 3—4.
2. Русак, Л. В. Состояние и пути решения проблем развития сельскохозяйственного производства Беларуси // Л. В. Русак // *Белорусское сельское хозяйство*. — 2007. — № 4(60). — С. 7—13.
3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. — Минск, 2001. — 182 с.
4. Зайко, С. М. Прогноз изменения осушенных торфяно-болотных почв республики / С. М. Зайко, П. Ф. Вашкевич, А. В. Горблюк // *Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации: доклады междунар. конф.* — Минск, БелНИИМил, 2001. — С. 104—107.
5. Зайко, С. М. Изменение морфологии и водно-физических свойств осушенных торфяных почв / С. М. Зайко, П. Ф. Вашкевич // *Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. тр.* — Минск, 2008. Вып. 26. — С. 45—57.
6. Бамбалов, Н. Н. Агрогенная эволюция осушенных торфяных почв / Бамбалов, Н. Н. // *Почвоведение*. — 2005. — № 1. — С. 29—37.
7. Скоропанов, С. Г. Особенности почвы образовавшейся в результате минерализации торфа / С. Г. Скоропанов, Л. Т. Кахновская, Н. Н. Бамбалов // *Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук.* — 1973. — № 1. — С. 25—27.

8. Белковский, В.И. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / В.И. Белковский, А.П. Лихацевич, А.С. Мееровский [и др.]; под ред. А.С. Мееровского. – Минск: Хата, 2002. – 280 с.

9. Определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений: методика / Г.В. Василюк, И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1996. – С. 50 с.

10. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск: Ураджай, 1994. – 250 с.

Summary

Karankevich E., Semenenko N.

AGRO-ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF BARLEY FERTILIZER USAGE ON ANTHROPOGENIC MODIFIED PEAT SOILS.

The article presents field study results of many years concerning the efficiency of different level for nitric, phosphoric and potassium fertilizers dosing in barley crops. It is discovered that sufficiently high level of net produce 251, 4 USD per hectare and profitability in amount of 41,9 % are obtained with adding 90 kilos nitric reactant per hectare against P80K120, provides crop capacity for barley at 57,7 centner for hectare. Using these variants of fertilizers usage energy profitability of 20,2 hecta J and high energy-conversion efficiency coefficient 1,3.

Поступила 28 февраля 2013 г.