

ВЛИЯНИЕ ДОЗ И СООТНОШЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ ГОНАР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень относится к одной из важнейших зерновых культур, возделываемых в Республике Беларусь. Характерной особенностью этой культуры является существенная зависимость получаемой урожайности от условий минерального питания и погодных факторов [1,2].

Технология возделывания ячменя предусматривает использование высокоурожайных сортов интенсивного типа, размещение посевов по лучшим предшественникам, удобренным органическими удобрениями, обеспечение растений элементами питания под планируемый урожай в зависимости от почвенных условий (система применения удобрений), высокое качество обработки почвы, применение интегрированной системы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, своевременное выполнение всего комплекса агротехнических работ [1-4].

В последнее десятилетие значительно возросли цены на минеральные удобрения и затраты на их внесение. В связи с этим, применяемая ранее система удобрения сельскохозяйственных культур в современных условиях не окупается и является энергозатратной.

Основным требованием к системе удобрения сельскохозяйственных культур в настоящее время должно быть повышение окупаемости минеральных удобрений, снижение энергетических затрат на их применение и эффективное использование достигнутого потенциала плодородия почв.

Цель исследований – определить наиболее эффективные системы применения минеральных удобрений под ячмень, исходя из критериев полученной урожайности, агрономической окупаемости и экономической эффективности применяемых доз удобрений.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение эффективности применения минеральных удобрений на фоне последствий 40 т/га органических при возделывании ячменя сорта Гонар (2005-2007 гг.) в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале проводили в стационарном полевом опыте на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком почве в РУП “Экспериментальная база им. Суворова” Узденского района Минской области. Пахотный слой перед внесением 40 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота (НКРС) под горохо-овсяную смесь характеризовался следующими показателями: рН_{КС} 5,9-6,2, гидролитическая кислотность 1,58-1,92, сумма обменных оснований 9,10-9,52 смоль (+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание гумуса 2,5-3,0%, подвижных: P₂O₅ – 170-290, K₂O – 130-230 мг/кг почвы. Схема опыта под ячмень предусматривала внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне последствий навоза КРС и различных уровней фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на положительное, поддерживающее и дефицитные балансы P₂O₅ и K₂O.

Осенью 2003, 2004 и 2005 гг. под горохо-овсяную смесь внесен навоз (НКРС), характеризующийся следующими показателями: влажность – 70,5%, рН_{КС} – 7,55, зольность 41,3%, Нобщ. – 0,50%, P₂O₅ – 0,30, K₂O – 0,56. Минеральные удобрения (карбамид, простой аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) под ячмень вносили под предпосевную культивацию согласно схеме опыта (табл. 1). Общая площадь делянки – 45 м² (9х5м), учетная – 32 м² (8х4м), повторность вариантов 4-х кратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами и учетом рекомендаций по интенсивной технологии возделывания зерновых культур [1].

В опыте применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, включающую следующие мероприятия: обработку семян фунгицидом «ориус» (500 мл/т); химическую прополку: в 2005 г. – диален-супер 0,5 л/га + 0,3 л/га лонтрел, в 2006 г. – «гусар» (0,15 г/га), в 2007 г. – агритокс (0,7 л/га) + лонтрел 300 (0,3 л/га); и защиту от болезней фунгицидами фалькон (0,6 л/га) и фоликур (1 л/га), от вредителей инсектицидом децис-экстра (60 мл/га).

Сев проводили: 18 апреля 2005 г., 21 апреля 2006 г. и 9 апреля 2007 г.; учет урожайности: 12 августа 2005 г., 3 августа 2006 г. и 24 июля в 2007 г.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнен в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическая кислотность по Каппену, сумма обменных оснований по Каппену-Гильковицу, подвижные фосфор и калий в почве по методу Кирсанова, обменные кальций и магний методом ЦИНАО-ГОСТ 26487-85, гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО. Содержание элементов питания в зерне и соломе определяли методом ИК – спектроскопии.

Энергетическую эффективность рассчитывали согласно [5].

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Годы исследований различались по метеорологическим условиям. Вегетационный период 2006 г. по количеству осадков и температуре воздуха был близок к средней многолетней величине. По тепло- и влагообеспеченности мая-июля (критический период, от которого зависит продуктивность ячменя) месяцев 2005 г. также был близок к средним показателям, однако в мае осадков поступило в два раза больше средней многолетней, а в июне на 58% меньше. В 2007 г. сложились самые неблагоприятные метеорологические условия для ячменя – отсутствие осадков в третьей декаде мая и почти двух декадах июня (28 дней) не способствовало положительному влиянию азотных удобрений на формирование урожайности зерна ячменя сорта Гонар.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В годы исследований для роста и развития ячменя сорта гонар благоприятными были 2005 и 2006 гг., так как урожайность формировалась практически на одном уровне 32,0– 55,7 ц/га и 36,2– 54,1 ц/га соответственно. в 2007 г. из-за метеорологических условий недобор урожайности зерна оказался на уровне 6,6-17,7 ц/га, а в варианте без удобрений на 6,6 и 10,8 ц/га ниже, чем в 2005 и 2006 гг. соответственно. более благоприятные погодные условия для формирования урожайности зерна ячменя складывались в 2006 г., т. к. в варианте без удобрений она была на 4,2 ц/га выше, чем в 2005 г. при последствии органических удобрений урожайность в 2007 г. ниже, чем в 2006 г. на 12,0 ц/га, а из-за сухой погоды азотные удобрения практически не оказали влияния на урожайность зерна ячменя.

В среднем за три года урожайность зерна ячменя в вариантах с применением $P_{20-70}K_{40-120}$ формировалась на уровне 41,0-44,5 ц/га, а при внесении азотных удобрений на этих же фонах она увеличилась на 2,6-5,7 ц/га (до 43,4-49,0 ц/га), при окупаемости 1 кг прк – 4,3-8,1 кг и 1 кг азотных удобрений – 5,0-10,1 кг. последствие 40 т/га органических удобрений обеспечило прибавку урожая в 5,8 ц/га, а действие фосфорных и калийных 3,1 и 1,4 ц/га соответственно. роль фосфорных удобрений в формировании урожайности зерна ячменя по сравнению с калийными оказалась более значительной. так, при исключении из системы удобрения калия урожайность ячменя составила 44,8 ц/га, что на 1,7 ц/га меньше, чем при исключении фосфора. максимальная урожайность на уровне 48,7-49,0 ц/га получена при применении 90 кг/га д.в. азотных удобрений в два срока на фоне $P_{40-70}K_{80-120}$ в расчете на поддерживающие и положительные балансы при окупаемости 1 кг д.в. прк только 5,6 и 4,3 кг зерна, а 1 кг азотных удобрений – 5,9 и 5,0 кг (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ СОРТ ГОНАР, 2005-2007 ГГ.

Вариант	Урожайность, ц/га					Прибавка зерна, ц/га		Оплата зерном 1 кг д.в., кг	
	зерна				соломы	фону	ПК	NPK	N
	2005г.	2006г.	2007г.	Ø					
1.Без удобрений	32,0	36,2	25,4	31,2	15,4	-	-	-	-
2. Последствие 40 т/га НКРС – фон	36,3	43,4	31,4	37,0	18,2	5,8	-	-	-
3. $N_{60}P_{70}$	52,0	52,4	35,0	46,5	32,8	9,5	-	7,3	-
4. $N_{60}K_{120}$	45,9	49,6	38,8	44,8	31,0	7,8	-	4,3	-
5. $P_{70} K_{120}$	48,3	49,1	36,1	44,5	29,7	7,5	-	3,9	-
6. $N_{30}P_{70}K_{120}$	53,8	52,5	36,3	47,5	31,8	10,5	3,0	4,8	10,1
7. $N_{60} P_{70}K_{120}$	53,8	52,9	37,0	47,9	32,0	10,9	3,4	4,4	5,7
8. $N_{90}P_{70}K_{120}$	55,7	53,8	37,4	49,0	35,5	12,0	4,5	4,3	5,0
9. $P_{40} K_{80}$	46,8	48,8	34,6	43,4	25,5	6,4	-	5,3	-
10. $N_{30}P_{40}K_{80}$	51,4	51,5	36,4	46,4	25,9	9,4	3,0	6,3	10,1
11. $N_{60}P_{40}K_{80}$	52,9	52,0	34,6	46,5	33,3	9,5	3,1	5,3	5,2

12. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	54,0	54,1	38,0	48,7	31,2	11,7	5,3	5,6	5,9
13. P ₂₀ K ₄₀	44,1	44,6	34,3	41,0	20,8	4,0	-	6,6	-
14. N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	47,2	47,5	36,1	43,6	23,5	6,6	2,6	7,3	8,7
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	49,8	50,4	39,9	46,7	23,1	9,7	5,7	8,1	9,5
НСР ₀₅	3,6	2,1	3,22	1,7					

Оценивая участие исследуемых факторов в формировании урожайности зерна ячменя сорт Гонар на разных фонах компенсации выносов фосфора и калия, необходимо отметить высокую долю почвенного плодородия и органических удобрений 79,2 при 50% компенсации выносов фосфора и калия, которая с нарастанием доз фосфорных и калийных удобрений уменьшалась до 75,5% при 150% компенсации выносов P₂O₅ и K₂O. Доля азотных удобрений в формировании урожайности также снижалась с 12,2% при 50 % компенсации выносов P₂O₅ и K₂O до 9,2 % при 150%. Роль фосфорных и калийных удобрений наоборот высокая 15,3% при системе удобрения в расчете на 150% компенсацию выносов фосфора и калия и уменьшалась до 13,1 и 8,6% при снижении компенсации выносов P₂O₅ и K₂O до 50% (дефицитные балансы) (табл. 2).

Таблица 2

Участие исследуемых факторов в формировании урожайности ячменя при различной компенсации выносов фосфора и калия

Факторы	Долевое участие РК, %					
	150		100		50	
	Продуктивность					
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Почва	31,2	63,7	31,2	64,1	31,2	66,8
Последствие 40 т/га НКРС	5,8	11,8	5,8	11,9	5,8	12,4
РК – удобрения	7,5	15,3	6,4	13,1	4,0	8,6
N-удобрения	4,5	9,2	5,3	10,9	5,7	12,2
Урожайность, ц/га	49,0	100	48,7	100	46,7	100

Урожай соломы в среднем за три года имел тенденцию или достоверно повышался при нарастании доз минеральных удобрений (табл. 1).

Расчет энергетической эффективности применения минеральных удобрений определяется отношением количества энергии, накопленной в прибавке урожая, к энергетическим затратам на ее получение [3]. Рассматривая показатели энергетической эффективности применения систем удобрения с дефицитным, поддерживающим и положительным балансом фосфора и калия, можно отметить минимальные удельные энергезатраты при применении фосфорных и калийных удобрений, которые увеличиваются при нарастании доз удобрений от 535 до 648 МДж/ц, а энергоотдача уменьшается от 3,7 до 2,54 ед. В варианте оптимальном по урожайности зерна при применении системы удобрения с поддерживающими балансами фосфора и калия удельные энергезатраты составили 1095 МДж/ц, а коэффициент энергоотдачи – 1,5 (табл. 3).

В среднем за три года максимальная рентабельность 90,7% получена при производстве ячменя на фуражные цели в варианте с последствием 40 т/га органических удобрений при чистом доходе 32,1 у.е. Высокая рентабельность 65,8% и 51,8% получена при возделывании ячменя сорта Гонар на фуражные цели при применении органо-минеральной системы удобрения (N₆₀K₁₂₀ и N₆₀P₂₀K₄₀ на фоне последствия 40 т/га навоза КРС). В варианте оптимальном по урожайности зерна получен чистый доход 14,4 \$ при рентабельности – 11,8 %. При реализации ячменя на продовольственные цели чистый доход и рентабельность увеличиваются (табл.3).

ТАБЛИЦА 3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ЯЧМЕНЯ

ВАРИАНТ	ЭНЕРГИЯ, СОДЕРЖАЩАЯСЯ В ПРИБАВКЕ, МДЖ/Ц	УДЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, МДЖ/Ц	ЭНЕРГООТДАЧА, ЕД.	ЧИСТЫЙ ДОХОД, \$		РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ, %	
				ФУРАЖ	ПРОДОВОЛЬСТВИЕ	ФУРАЖ	ПРОДОВОЛЬСТВИЕ
2. Последствие	9541	1021	1,6		48,5	90,7	137,2

40т/га НКРС - фон												
3. N ₆₀ P ₇₀	15628	966	1,70	-22,9	4,0	-17,2	3,0					
4. N ₆₀ K ₁₂₀	12831	1120	1,47	36,0	58,2	65,8	106,3					
5. P ₇₀ K ₁₂₀	12338	648	2,54	-29,7	-8,4	-25,4	-7,2					
6. N ₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	17273	784	2,10	-13,6	16,2	-10,0	11,9					
7. N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	17931	995	1,65	-23,2	7,8	-15,5	5,2					
8. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	19740	1155	1,42	-25,8	8,3	-15,6	5,0					
9. P ₄₀ K ₈₀	10528	558	2,95	2,6	20,7	3,6	28,9					
10. N ₃₀ P ₄₀ K ₈₀	15463	743	2,22	18,7	45,4	20,7	50,1					
11. N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	15628	996	1,65	6,2	33,2	5,9	31,8					
12. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	19247	1095	1,50	14,4	47,6	11,8	39,1					
13. P ₂₀ K ₄₀	6580	535	3,07	9,2	20,6	24,6	55,1					
14. N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	10857	818	2,01	21,4	40,1	38,6	72,5					
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	15957	907	1,81	38,5	66,1	51,8	88,9					

Масса 1000 зерен по годам исследований различалась от 45,63 г в 2005 г. в варианте N₆₀P₇₀ до 50,68 г в 2006 г. в варианте N₆₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀. Самая низкая масса 1000 зерен отмечена в 2005 году. В среднем за три года масса 1000 зерен изменялась от 48,04 до 49,73 г. При нарастании доз азотных, фосфорных и калийных удобрений наблюдается тенденция к снижению массы 1000 зерен (табл. 4).

Анализ содержания белка по годам исследования показал, что максимальное его количество наблюдалось в 2007 г., а минимальное – в 2006 г. С увеличением доз азотных удобрений содержание белка имело тенденцию к повышению.

В среднем за три года сбор белка изменялся от 230 кг/га в варианте без удобрений до 421-426 кг/га при внесении 90 кг/га д.в. азотных удобрений в два приема на фоне положительного и поддерживающего балансов фосфора и калия N₆₀+N₃₀P₄₀,70K₈₀,120. В варианте оптимальном по урожайности, т. е. при применении системы удобрения с поддерживающим балансом фосфора и калия – N₆₀ P₄₀K₈₀+N₃₀ в фазу стеблевания сбор белка составил 426 кг/га, что на 86 кг/га больше, чем при этой же системе удобрения без азотных удобрений (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ СОРТ ГОНАР, 2005-2007 ГГ.

Вар иант	Качество зерна								Сбор белка, кг/га			
	Масса 1000 зерен, г				Содержание белка, %							
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	∅	2005 г.	2006 г.	2007 г.	∅	2005 г.	2006 г.	2007 г.	∅
1	48,84	49,44	48,51	48,93	8,8	7,8	9,4	8,7	242	243	205	230
2	48,20	47,59	49,97	48,59	9,1	7,9	9,8	8,9	284	295	265	281
3	45,63	48,45	50,04	48,04	9,2	8,4	9,6	9,1	411	379	289	360
4	48,48	50,03	49,69	49,40	9,2	9,0	9,6	9,3	363	384	320	356
5	50,92	50,12	47,42	49,49	8,9	8,6	10,1	9,2	370	363	314	349
6	49,58	50,03	49,51	49,71	8,7	8,7	10,3	9,2	403	393	322	372
7	46,89	49,26	49,39	48,51	9,5	9,2	10,3	9,7	440	419	328	395
8	46,03	50,68	48,13	48,28	10,4	9,4	10,3	10,0	498	435	331	421
9	49,23	49,85	49,19	49,42	9,0	8,7	9,8	9,2	362	365	292	340
10	49,28	49,85	48,49	49,21	9,2	8,7	10,3	9,4	407	385	322	371
11	47,16	49,31	47,98	48,15	9,5	9,0	10,7	9,7	432	402	318	384
12	45,84	49,30	50,20	48,45	10,4	9,8	10,4	10,2	483	456	340	426
13	49,19	49,64	50,37	49,73	9,2	8,8	10,2	9,4	349	338	301	329
14	48,10	50,02	49,74	49,29	9,2	8,8	10,0	9,3	373	359	310	348
15	48,20	50,14	50,14	49,49	9,4	8,9	9,9	9,4	403	386	340	376
НСР ₀₅	1,6	1,21	1,29	1,16	0,7	0,8	0,9	0,8				

Химический анализ содержания элементов питания в зерне и соломе ячменя показал, что содержание кальция и магния практически постоянные величины и не зависят от погодных условий и применяемой системы удобрения. Содержание азота, фосфора и калия изменялось в зависимости от погодных условий периода вегетации и применяемой системы удобрения.

В среднем за три года, в оптимальном по урожайности варианте, следующее содержание элементов питания в зерне: N – 1,99, P₂O₅ – 0,96, K₂O – 0,51, CaO – 0,04, MgO – 0,17 %; в соломе: N – 0,30, P₂O₅ – 0,26, K₂O – 1,59, CaO – 0,25, MgO – 0,13% (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние систем удобрения на содержание элементов питания в зерне и соломе ячменя сорт
Гонар, 2005-2007 гг.**

Вариант	Содержание элементов питания, % в сухом веществе										
	зерно						солома				
	No	Nb	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,68	1,52	0,90	0,54	0,03	0,17	0,21	0,33	1,37	0,22	0,17
2. Последействие 40 т/га НКРС	1,73	1,57	0,92	0,55	0,03	0,17	0,18	0,32	1,55	0,21	0,15
3. N ₆₀ P ₇₀	1,77	1,59	0,94	0,54	0,03	0,17	0,26	0,28	1,55	0,24	0,12
4. N ₆₀ K ₁₂₀	1,80	1,63	0,91	0,52	0,04	0,16	0,26	0,27	2,13	0,22	0,13
5. P ₇₀ K ₁₂₀	1,79	1,62	0,94	0,54	0,03	0,17	0,24	0,27	1,98	0,22	0,13
6. N ₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,82	1,62	0,94	0,54	0,03	0,16	0,20	0,28	2,26	0,24	0,12
7. N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,88	1,70	0,94	0,53	0,03	0,17	0,21	0,25	2,19	0,23	0,12
8. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	1,95	1,76	0,96	0,54	0,03	0,17	0,24	0,30	2,54	0,26	0,12
9. P ₄₀ K ₈₀	1,78	1,61	0,94	0,54	0,03	0,17	0,20	0,30	1,96	0,22	0,15
10. N ₃₀ P ₄₀ K ₈₀	1,85	1,66	0,92	0,53	0,03	0,17	0,20	0,27	1,95	0,23	0,12
11. N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	1,91	1,71	0,91	0,52	0,04	0,17	0,24	0,26	1,93	0,23	0,13
12. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	1,99	1,79	0,96	0,51	0,04	0,17	0,30	0,26	2,14	0,25	0,13
13. P ₂₀ K ₄₀	1,81	1,65	0,94	0,53	0,03	0,17	0,23	0,32	2,12	0,21	0,14
14. N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	1,81	1,64	0,94	0,53	0,03	0,17	0,22	0,28	1,92	0,25	0,14
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	1,85	1,65	0,96	0,53	0,03	0,17	0,21	0,24	1,83	0,23	0,13
НСР ₀₅	0,08	0,07	0,05	0,03	0,001	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02

Для определения потребности в минеральных удобрениях на планируемый урожай и расчетов баланса элементов питания в агрохимической практике используется общий или хозяйственный и удельный вынос. В варианте оптимальном по урожайности зерна хозяйственный вынос элементов питания (с урожаем основной и побочной продукции) с 1 гектара составил: азота – 91 кг, фосфора – 47, калия – 77, кальция – 8 и магния – 11 кг.

Удельный вынос элементов питания (вынос с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции) следующий: азот 18,7 кг/т, фосфор 9,7, калий 15,9, кальций 1,7, магний 2,2 кг/т (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние систем удобрения на общий и удельный вынос элементов питания
продукцией ячменя, 2005-2007 гг.**

Вариант	Общий вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Без удобрений	47,8	28,4	32,2	3,7	6,8	15,3	9,1	10,3	1,2	2,2
2. Последействие 40 т/га НКРС	57,8	34,2	41,2	4,2	7,7	15,6	9,2	11,1	1,1	2,1
3. N ₆₀ P ₇₀	77,9	45,3	64,3	7,8	10,1	16,8	9,7	13,8	1,7	2,2
4. N ₆₀ K ₁₂₀	76,1	42,1	75,5	7,3	9,5	17,0	9,4	16,9	1,6	2,1
5. P ₇₀ K ₁₂₀	74,5	42,7	70,1	6,6	9,7	16,7	9,6	15,7	1,5	2,2
6. N ₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	79,7	45,9	82,4	7,6	9,7	16,8	9,7	17,4	1,6	2,1
7. N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	83,1	45,4	80,7	7,4	10,2	17,3	9,5	16,8	1,5	2,1
8. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	89,3	49,4	98,5	9,0	10,7	18,2	10,1	20,1	1,8	2,2
9. P ₄₀ K ₈₀	70,7	41,5	62,1	5,8	9,6	16,3	9,6	14,3	1,3	2,2
10. N ₃₀ P ₄₀ K ₈₀	78,2	42,6	63,6	6,2	9,4	16,8	9,2	13,7	1,3	2,0
11. N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	83,1	43,7	74,8	8,0	10,4	17,9	9,4	16,1	1,7	2,2
12. N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	91,2	47,0	77,4	8,2	10,5	18,7	9,7	15,9	1,7	2,2
13. P ₂₀ K ₄₀	67,8	38,7	55,7	4,7	8,4	16,5	9,4	13,6	1,2	2,1
14. N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	72,2	40,8	57,8	6,1	9,1	16,6	9,4	13,3	1,4	2,1
15. N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	78,4	43,2	56,8	5,7	9,4	16,8	9,3	12,2	1,2	2,0

Баланс элементов питания, рассчитанный с учетом поступления с минеральными удобрениями и выносом их с урожаем, показал, что по фосфору и калию он практически совпадает с расчетным на всех фонах – положительном, поддерживающем (нулевом) и дефицитном (табл. 7).

По результатам исследований нами разностным методом рассчитаны коэффициенты использования элементов питания из удобрений (табл. 7). Установлено, что в оптимальном по урожайности варианте ($N_{60+30}P_{40}K_{80}$) потребление азота из удобрений составило 37%, фосфора – 32% и калия только – 45%. С увеличением доз фосфорных и калийных удобрений коэффициенты использования этих элементов из удобрений снижались, а применение возрастающих доз азотных удобрений способствовало повышению коэффициентов использования фосфора и калия (табл.7).

Таблица 7

Баланс и коэффициенты использования элементов питания из удобрений и возмещения выноса удобрениями

Вариант	Азот		Фосфор		Калий		Коэффициенты использования элементов питания удобрений, %		
	баланс ±	ИБ, %	баланс ±	ИБ, %	баланс ±	ИБ, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	-47,8	-	-28,3	-	-32,2	-	-	-	
2	-57,8	-	-35,7	-	-41,2	-	-	-	
3	17,9	77	-53,8	155	-64,3	-	34	16	
4	16,1	79	58,0	-	44,5	159	31	-	29
5	-74,5	-	61,7	164	49,9	171	-	12	24
6	-49,7	38	52,3	153	37,6	146	73	17	34
7	-23,1	72	54,4	154	39,3	149	70	16	33
8	0,7	101	40,9	142	21,5	122	35	22	48
9	-70,7	-	27,5	96	17,9	129	-	18	26
10	-48,2	38	26,4	94	16,4	126	68	21	28
11	-23,1	72	20	92	5,2	107	42	24	42
12	-1,2	99	17	85	2,6	103	37	32	45
13	-67,8	-	-7,2	52	-15,7	72	-	23	36
14	-42,2	42	-8,1	49	-17,8	69	48	33	41
15	-18,4	77	-7,9	46	-16,8	70	34	45	39

ВЫВОДЫ

1. В среднем за три года исследований оптимальный и энергетически обоснованный уровень урожая ячменя 38,0-54,1 ц/га обеспечивался при применении $N_{60}P_{40}K_{80}$ (ПК на поддерживающий баланс) + N_{30} в фазу начала стеблевания на фоне последействия 40 т/га органических удобрений.

2. Применение удобрений в указанных дозах обеспечивает коэффициент энергоотдачи –1,5 ед. и коэффициенты использования элементов питания из удобрений – азота –37%, фосфора – 32%, калия – 45%. За счет плодородия почвы формировалось 63,7-66,8%, фосфорных и калийных удобрений – 15,3-8,6, азотных – 9,8-12,2 и последействия органических удобрений – 11,8-12,4% урожайности зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов/ Ин.-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.]. – Мн.: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
2. Богдевич, И.М. Эффективность применения минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистых почвах Беларуси / И.М. Богдевич, Л.В. Очковская, Г.В. Пироговская // Международный аграрный журнал. – №2. – 2000. – с. 18-22.
3. Ивойлов, А.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна ячменя в зоне неустойчивого увлажнения / А.В. Ивойлов., В.И. Копылов, М.Н. Бессонова // Агрехимия – 2002. – №4. – С. 23-31.
4. Система удобрения ячменя в интенсивном земледелии: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1992. – 24С.
5. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск., 1996. – 49 с.

**EFFECT OF FERTILIZERS AND MINERAL FERTILIZER RATIOS
ON THE YIELD AND QUALITY BARLEY HONAR OF
ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL**

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.A. Gracheva

Summary

As a result of the study of mineral fertilizers doses and ratio for barley Honar it was shown that optimal yield level 40-45 c ha⁻¹ on Luvisol loamy sand soil was formed under the application of fertilizer system with maintaining balance of phosphorus and potassium at the background of organic fertilizer aftereffect.

Поступила 4 мая 2009 г.