

**В. В. Лапа**, доктор сельскохозяйственных наук  
**Н. Н. Ивахненко**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**А. М. Барановский, Н. И. Котович**, мл. научные сотрудники  
 Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии

УДК 631.8:631.445.24:633.16

## Эффективность минеральных удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве

*На основании данных двухлетнего стационарного полевого опыта дозами, сроками и соотношениями минеральных удобрений на фоне последствия 80 т/га навоза КРС на дерново-подзолистой супесчаной почве определены оптимальные условия минерального питания ячменя сорта Визит. Приводятся энергетическая эффективность минеральных удобрений, содержание белка и аминокислотный состав зерна, химический состав зерна и соломы. Рассчитаны удельный (нормативный) вынос элементов питания, коэффициенты возмещения выноса азота, фосфора и калия удобрениями.*

Исследования по разработке оптимальных доз и соотношений минеральных удобрений под ячмень сорта Визит проводились в 1992–1993 гг. в стационарном опыте (экспериментальная база им. Суворова Узденского района), развернутом в пространстве в двух полях в звене севооборота картофель, ячмень. Пахотный горизонт дерново-подзолистой супесчаной почвы, подстилаемой с глубины 0,3–0,5 м песком, перед началом ротации имел следующую агрохимическую характеристику: рН (в KCL)–5,46–6,18, гидролитическая кислотность 1,60–2,35 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований 8,68–9,92 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижных: фосфора 159–281 мг/кг, калия 132–218 мг/кг, нитратного азота 2,3–7,1 мг/кг почвы, гумуса 2,62–3,05%.

Осенью 1990 и 1991 гг. фоном внесены навоз КРС – 80 т/га, который характеризовался следующими показателями: содержание влаги 58,4%, рН (KCL)–8,1, зольность 77,1%, Нобщ–1,43, Нам–0,05, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–0,41, K<sub>2</sub>O–1,54%, а также доломитовая мука по делянкам в дозах, рассчитанных на доведение рН (солевой суспензии) до 6,0. Минеральные удобрения (аммиачную селитру, двойной суперфосфат, аммофосфат и хлористый калий) вносили под предпосевную культивацию согласно схеме опыта (табл. 1).

Предпосевную подготовку почвы и уход за посевами осуществляли с учётом рекомендаций по интенсивной технологии возделывания зерновых культур.

В опыте применяли интегрированную систему защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей, которая включала следующие мероприятия: химическая прополка в 1992 г. 2,4-Д-аминной солью (2 кг/га) совместно со старане (0,75 кг) и против болезней и насекомых (пья-

*On the basis of two-year data of stationary field experiment with the rates, terms and correlations of mineral fertilizers on the back-ground of the aftereffect of 80 t/ha of manure of cattle on the soddy-podzolic sandy soil are determined the optimum conditions of mineral nutrition of barley "Vizit". The energetic effectiveness of mineral fertilizers, chemical and amino acid composition of grain and straw, protein content are given, the specific (normative) removal of nutrient elements, coefficients of the use of nitrogen, phosphorus and potassium from mineral fertilizers and coefficients of compensation of removal of nitrogen, phosphorus and potassium of fertilizers are calculated.*

вицы) тилтом (1,0 л/га) + фастак (0,15 л/га); в 1993 г. химическая прополка 2М-4Х (1,6 кг/га) совместно с лонтрелом (0,2 л/га) и от болезней и вредителей – тилтом (0,5 л/га) и карате (0,2 л/га).

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались. Наиболее благоприятные для роста и развития ячменя условия складывались в 1993 г., для которого характерно достаточное и равномерное выпадение осадков и температура воздуха близкая к средней многолетней. В экстремальном 1992 г. осадков в июне-июле выпало только 11% от средней многолетней и температура воздуха была на 3–4°C выше средней многолетней.

Урожайность ячменя Визит в более благоприятном по режиму влажности 1993 г. на 28 ц/га выше, чем в 1992. Максимальный урожай зерна на уровне 69,8 ц/га формировался при внесении 260 кг/га д.в. (N60+30P70K100) минеральных удобрений. Азотные удобрения вносились в два приёма – 60 кг под предпосевную культивацию и 30 кг в фазу кущения. В среднем за 2 года исследований наиболее эффективными дозами азота оказались 60 и 90 кг/га, вносимые на фоне P70K100 в один (N60) и два приёма (N90) в годы с достаточным количеством осадков. Урожай зерна на этих вариантах составил 49,9–53,0 ц/га, увеличение дозы азотных удобрений до 120 кг и внесение её в два или три приёма приводило к снижению урожая ячменя. Аналогичные результаты получены и на вариантах с повышенными дозами фосфорных и калийных удобрений (табл. 1).

Азотные удобрения обеспечили прибавку урожая зерна 6,1–9,2 ц/га при окупаемости 1 кг азота 5,5–10,2 кг зерна.

Таблица 1. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя Визит (1992–1993 гг.)

№ вар.	Варианты опыта	Урожай, ц/га				Прибавка зерна от удобрений, ц/га		Окупаемость 1 кг удобрений зерном, кг	
		зерна			соломы (средний)	NPK	N	NPK	N
		1992 г.	1993 г.	сред.					
1	Контроль без удобрений	25,5	40,2	32,8	17	–	–	–	–
2	Послед. орг. удобр. - Фон	30,8	45,6	32,8	20	–	–	–	–
3	Фон + N90P70	33,3	61,0	47,2	32	9,0	–	5,6	–
4	Фон + N90K100	38,5	65,8	52,2	33	14,0	–	7,4	–
5	Фон + P70K100	33,3	54,3	43,8	22	5,6	–	3,3	–
6	Фон + N60P70K100	36,3	63,5	49,9	30	11,7	6,1	5,1	10,2
7	Фон + N90P70K100	37,5	65,8	51,6	34	13,4	7,8	5,2	8,7
8	Фон + N90P105K150	32,6	66,0	49,3	36	11,1	–	3,2	–
9	Фон+N60P70K100+N30(кущ.)	36,2	69,8	53,0	36	14,9	9,2	5,7	10,2
10	Фон+N60P70K150+N30(кущ.)	37,9	68,4	53,2	37	15,0	–	4,8	–
11	Фон+N60P105K150+N30(кущ.)	33,0	64,6	48,8	34	10,6	–	3,1	–
12	Фон+N90P70K100+N30(кущ.)	36,7	67,4	52,0	40	13,8	8,2	4,8	6,8
13	Фон+N90P105K150+N30(кущ.)	34,2	67,2	50,7	38	12,5	–	3,3	–
14	Фон+N60P70K100+N30(кущ.) + + N30 трубкавание	33,4	67,5	50,4	37	12,2	6,6	4,2	5,5
15	Фон+N60P105K150+N30(кущ.) + + N30 трубкавание	34,1	64,2	49,2	36	11,0	–	2,9	–
	НСР05	4,2	4,6	3,1					

№ вар.	Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г			Содержание белка, %			Сбор белка, кг/га
		1992 г.	1993 г.	сред.	1992 г.	1993 г.	сред.	
1	Контроль без удобрений	49,1	53,0	51,0	11,4	8,8	10,2	285
2	Послед. орг. удобр. - Фон	47,3	53,2	50,2	11,8	8,7	10,2	335
3	Фон + N90P70	44,8	54,9	49,8	13,3	10,4	11,8	479
4	Фон + N90K100	45,0	55,4	50,2	13,5	11,8	12,6	556
5	Фон + P70K100	45,4	53,0	49,2	11,2	9,1	10,2	429
6	Фон + N60P70K100	45,9	53,7	49,8	12,6	10,2	11,4	489
7	Фон + N90P70K100	44,5	53,9	49,2	13,3	10,8	12,0	532
8	Фон + N90P105K150	44,8	55,6	50,2	13,0	10,5	11,8	500
9	Фон+N60P70K100+N30(кущ.)	43,5	55,4	49,4	13,3	10,4	11,8	538
10	Фон+N60P70K150+N30(кущ.)	44,5	54,7	49,6	13,6	11,3	12,4	567
11	Фон+N60P105K150+N30(кущ.)	42,7	56,2	49,4	13,4	11,1	12,2	512
12	Фон+N90P70K100+N30(кущ.)	43,5	54,2	48,8	13,8	11,3	12,5	563
13	Фон+N90P105K150+N30(кущ.)	44,7	54,1	49,4	13,4	11,6	12,5	545
14	Фон+N60P70K100+N30(кущ.) + + N30 трубкавание	43,5	54,6	49,0	14,2	11,5	12,8	555
15	Фон+N60P105K150+N30(кущ.) + + N30 трубкавание	42,7	53,8	48,2	13,5	11,6	12,6	533
	НСР05	1,9	1,5	1,2				

Внесение 100 кг/га д. в. калийных удобрений на фоне N90P70 увеличило урожай зерна в среднем за два года на 4,4 ц/га, сбор белка на 53 кг/га и окупаемость 1 кг калия составила 4,4 кг зерна. Повышение дозы калийных удобрений до 150 кг не приводило к значительному изменению урожая зерна ячменя.

При повышенной обеспеченности почвы подвижным фосфором (более 200 мг/кг почвы) положительное влияние фосфорных удобрений на урожай ячменя не проявилось.

Недостаточно высокая окупаемость минеральных удобрений на оптимальном по урожаю варианте 5,7 кг зерна на 1 кг NPK объясняется неблагоприятными метеорологическими условиями в 1992 г., так как в 1993 г. окупаемость 1 кг NPK составила 9,3 кг зерна и 17,2 кг зерна на 1 кг азотных удобрений.

Качество зерна ячменя в наших исследованиях определялось уровнем применения азотных удобрений и погодными условиями периода вегетации. Более выполненное зерно в опыте получено в 1993 г. В зависимости

от минеральных удобрений масса 1000 зерен изменялась от 53,0 до 56,1 г и была значительно выше, чем в 1992 г. (табл. 1). Так, если в оптимальных по урожайности вариантах 6 и 9 масса 1000 зерен составляла в 1992 г. 43,5–45,9 г, то в 1993 г. – 53,7–55,4 г. В зависимости от погодных условий минеральные удобрения оказывали разнонаправленное действие на массу 1000 зерен. При менее благоприятных условиях увеличение доз минеральных удобрений от 0 до N120P105K150 уменьшало массу 1000 зерен от 49,1 до 42,7 г. В 1993 г. снижение массы 1000 зерен не происходило, а в вариантах 8,9,11 установлено достоверное по отношению к контролю увеличение её на 2,4–3,1 г. В 1993 г. масса 1000 зерен на контрольном варианте на 3,9 г больше, чем в 1992, а при внесении N60+30P105K150 на 13,5 г больше.

Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений под ячмень сорта Визит наиболее высокая на варианте (P70K100) без внесения азотных удобрений – 3,1 ед. при самых низких удельных энергозатратах 525 МДж/ц. На вариантах, оптимальных по урожаю, энергоотдача – 2,5–2,6 ед. при удельных энергозатратах 620–637 МДж/ц, что на 18–21% выше, чем на варианте без азота P70K100 (табл. 2). При увеличении дозы азотных удобрений до 120 кг и внесении её в два и три приёма энергоотдача снижается на 45–55% и равна при внесении N120 в два приёма последдействию органических удобрений или на 18% ниже эффективности последствия органических удобрений при внесении её в три приёма. При внесении N90 в два приёма энергоотдача азотных удобрений одинаковая с энергоотдачей N60 – 2,3 ед. при удельных энергозатратах 706–707 МДж/ц.

В среднем за два года урожай зерна ячменя на уровне 53,0 ц/га формировался на 64 % за счёт почвенного плодородия, агротехники и сорта; 11 % приходилось на последствие органических удобрений, доля фосфорных и калийных составила 10 %, азотных – 15 % (табл. 3).

Таблица 3. Роль отдельных факторов в формировании урожая ячменя сорта Визит

Факторы	Долевое участие факторов, %		
	1992 г.	1993 г.	среднее
Почва, сорт, агротехника	70	58	64
Последств. 80 т/га орган. удобрен.	15	8	11
Фосфорные и калийные удобрения	7	12	10
Азотные удобрения (90 кг/га д.в.)	8	22	15
Урожай зерна на оптимальном варианте, ц/га	36,2	69,8	53,0

Внесение возрастающих доз азотных удобрений от 0 до 120 кг/га повышало содержание белка в зерне ячменя в среднем за два года исследований с 10,1 до 12,9 %. В интервале доз азота от 60 до 120 кг/га от каждых 30 кг содержание белка увеличивалось на 0,6 % (табл. 1).

Более высокая белковистость зерна в опыте получена в 1992 г., когда под влиянием неблагоприятных погодных условий было сформировано менее выполненное зерно. Максимальный сбор белка с 1 га на уровне 555–563 кг получен при дробном внесении N120: N90 под предпосевную культивацию + N30 в стадию конец кущения или N60 под предпосевную культивацию.

Таблица 2. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений под ячмень Визит (1992–1993 гг.)

№ вар.	Варианты опыта	Прибавка урожая от удобрений, ц к.ед./га	Энергия, содержащаяся в прибавке, МДж	Энергозатраты на прибавку, МДж	Удельные энергозатраты, МДж/ц	Энергоотдача, ед.
1	Без удобрений	–	–	–	–	–
2	Послед. 80 т/га КРС-Фон	8,1	13122	7788	961	1,7
3	N90 P70	13,5	21870	11693	866	1,9
4	N90 K100	21,0	34020	11850	564	2,9
5	P70 K100	8,4	13608	4407	525	3,1
6	N60 P70 K100	17,5	28350	10844	620	2,6
7	N90 P70 K100	20,1	32562	13695	681	2,4
8	N90 P105 K150	16,7	27054	14632	876	1,8
9	N60P70K100+N30(кущение)	22,2	35964	14143	637	2,5
10	N60P70K150+N30 -"-	22,5	36450	14666	652	2,5
11	N60P105K150+N30 -"-	15,9	25758	14619	919	1,8
12	N90P70K100+N30 -"-	20,7	33534	16342	789	2,0
13	N90P105K150+N30 -"-	18,7	30294	17502	936	1,7
14	N60P70K100 +N30 (кущ.)+ N30 (1 узел)	18,3	29646	16074	878	1,8
15	N60P105K150+N30 (кущ.)+ N30 (1 узел)	16,5	26730	17263	1046	1,5

цию + N30 в стадию кущения и + N30 в стадию трубкувания (табл. 1).

Под влиянием азотных удобрений (0–120 кг/га д.в.) сумма всех аминокислот в зерне возрастала от 100,5 до 140,9 г/кг, в том числе незаменимых от 38,2 до 51,3 г/кг (табл. 4). В оптимальном по урожайности варианте с дробным внесением N90 установлено наиболее высокое содержание лизина – 4,8 г/кг и достаточно высокая сумма незаменимых аминокислот – 48,4 г/кг. На аминокислотный состав зерна ячменя оказывали влияние погодные условия.

Накопление белка под действием удобрений сопровождалось изменением его качества. Максимальное количество суммы критических кислот (метионин, лизин) оказалось на вариантах с внесением 90 кг азота в один и два приема (вар. 7 и 9), сумма критических аминокислот на этих вариантах возросла на 1,2–1,4 г/кг, или на 20–22 %. Увеличение дозы азота до 120

кг и внесение её в два–три приёма приводило к незначительному снижению суммы критических аминокислот, но к заметной тенденции увеличения суммы незаменимых кислот. Минеральные удобрения способствовали накоплению всех (без триптофана) аминокислот (табл. 4).

На химический состав зерна и соломы ячменя в наших исследованиях оказывали влияние погодные условия и уровни минерального питания. В большей степени влияние этих факторов отразилось на содержании элементов питания в соломе и в меньшей – в зерне. Так, содержание азота в соломе по годам исследований на контрольном варианте изменялось от 0,41 до 0,72 %, фосфора – 0,12–0,16, калия – 2,19–2,63, кальция – 0,26–0,47, магния – 0,14–0,18 % (табл. 5). При увеличении дозы азотных удобрений от 0 до 120 кг наблюдается тенденция накопления азота, фосфора и калия в соломе (табл. 5). Влияние погодных условий на химический

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав ячменя сорта Визит (среднее за 1992–1993 гг.), г/кг

№ вар.	Аспарагин. к-та	Треонин	Серин	Глютаминол. к-та	Глицин	Аланин	Валин	Метионин	Изолейцин	Лейцин
1	7,4	3,6	4,4	26,1	4,4	5,0	4,6	1,6	3,4	7,2
2	6,6	3,3	4,6	27,0	4,2	4,9	4,6	1,5	3,3	7,4
3	7,9	4,4	5,8	31,5	4,9	5,4	5,6	1,5	4,1	9,0
4	8,2	4,5	5,7	35,2	5,2	6,1	6,1	2,1	4,3	9,3
5	7,3	3,8	5,0	30,4	4,6	5,4	5,2	1,4	4,0	8,9
6	7,8	4,2	5,2	33,0	4,8	5,8	5,1	1,5	3,6	8,2
7	7,5	4,2	5,0	34,0	5,0	5,8	5,5	2,0	3,9	8,8
8	8,1	4,2	5,3	35,8	5,0	6,7	5,5	1,8	4,3	9,1
9	8,0	4,0	5,6	37,5	5,0	7,0	5,9	1,7	4,2	9,6
10	7,8	4,2	5,3	31,9	5,0	5,8	5,9	1,8	4,6	9,4
11	7,8	4,2	5,6	35,0	5,0	5,8	5,2	1,7	4,2	9,3
12	7,6	4,4	5,6	37,0	5,1	6,0	5,4	1,7	4,3	9,4
13	8,4	4,2	5,6	37,4	5,1	6,0	5,4	1,8	4,4	9,8
14	8,0	4,3	5,6	37,4	5,2	6,0	5,8	1,6	4,7	9,8
15	8,4	4,4	5,9	38,4	5,2	6,4	6,0	2,0	4,6	10,0

№ вар.	Тирозин	Фенилаланин	Гистидин	Лизин	Аргинин	Пролин	Сумма аминокислот		
							критических	незамен.	всех
1	3,3	5,8	3,3	3,8	5,6	12,1	5,4	38,9	101,6
2	3,2	5,6	3,3	3,6	6,0	11,4	5,1	38,6	100,5
3	3,7	7,3	3,6	4,2	7,6	14,8	5,7	47,3	121,3
4	4,0	8,2	4,1	4,4	7,2	15,7	6,5	50,2	130,3
5	3,4	6,6	3,4	4,2	6,8	14,6	5,6	44,3	115,0
6	3,0	6,4	3,4	4,2	6,0	16,0	5,7	42,6	118,2
7	3,6	7,0	3,6	4,3	6,2	16,4	6,3	45,5	122,8
8	3,7	6,8	3,6	4,2	7,0	18,4	6,0	46,5	129,5
9	3,7	7,4	4,2	4,8	6,6	16,8	6,5	48,4	132,0
10	4,1	7,8	3,2	4,4	7,8	19,3	6,2	49,1	128,3
11	4,1	7,6	3,8	4,8	7,6	17,4	6,5	48,4	129,1
12	4,0	7,6	3,8	4,3	7,9	16,8	6,0	48,8	130,9
13	3,9	7,7	3,8	4,5	8,0	20,6	6,3	49,6	136,6
14	4,2	8,0	3,2	4,4	8,0	20,4	6,0	49,8	136,6
15	4,2	8,0	3,9	4,6	7,8	21,1	6,6	51,3	140,9

состав зерна ячменя установлено только по содержанию азота (1,76–2,13 %) и фосфора (0,77–1,06 %). В среднем по двум годам исследований в варианте с оптимальными дозами минеральных удобрений содержание азота в зерне составило 2,2–2,28%, фосфора– 0,98–1,00, калия–0,60–0,61, кальция–0,06–0,07 и магния– 0,20–0,21% (табл. 5).

На основании данных о химическом составе зерна и соломы ячменя нами рассчитан хозяйственный и нор-

мативный (удельный) вынос элементов питания. В лучших по урожайности вариантах с разовым (N60) и дробным внесением N90 вынос азота с 1 га составил 108,0–126,9 кг, фосфора–45,6–50,1, калия– 84,0–120,6 кг.

В зависимости от уровня применяемых доз минеральных удобрений вынос азота изменялся от 62,7 до 131,2 кг/га, фосфора – 28,0 – 50,3, калия – 50,2–135,3, кальция – 6,8–18,7, магния – 7,9–15,6 кг/га (табл. 6).

Таблица 5. Влияние минеральных удобрений на химический состав ячменя сорта Визит (1992–1993 гг.)

№ вар.	Содержание питательных элементов, %											
	зерно							солома				
	азот			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	общий	белков.	небелков.									
1	1,94	1,78	0,16	0,92	0,56	0,06	0,20	0,56	0,14	2,41	0,36	0,16
2	1,98	1,80	0,18	0,95	0,58	0,06	0,20	0,58	0,16	2,48	0,40	0,17
3	2,27	2,08	0,19	0,92	0,57	0,07	0,20	0,70	0,18	2,18	0,50	0,20
4	2,28	2,12	0,16	0,96	0,56	0,07	0,20	0,66	0,13	2,62	0,48	0,18
5	2,02	1,78	0,24	0,92	0,58	0,07	0,20	0,48	0,12	2,44	0,48	0,18
6	2,20	2,00	0,20	0,98	0,60	0,07	0,20	0,54	0,12	2,31	0,44	0,24
7	2,30	2,12	0,18	0,93	0,58	0,07	0,20	0,72	0,15	2,58	0,49	0,20
8	2,28	2,06	0,22	0,94	0,57	0,06	0,20	0,68	0,16	2,74	0,44	0,19
9	2,28	2,08	0,22	1,00	0,61	0,06	0,21	0,76	0,15	3,07	0,49	0,20
10	2,35	2,18	0,17	0,96	0,56	0,08	0,20	0,68	0,17	3,00	0,46	0,19
11	2,36	2,16	0,20	0,94	0,58	0,08	0,20	0,76	0,18	2,92	0,42	0,19
12	2,38	2,20	0,18	0,96	0,60	0,07	0,20	0,84	0,22	3,10	0,42	0,22
13	2,40	2,20	0,20	0,99	0,57	0,08	0,21	0,82	0,21	3,46	0,41	0,20
14	2,44	2,26	0,18	0,99	0,59	0,06	0,20	0,82	0,21	3,24	0,43	0,20
15	2,38	2,20	0,18	1,00	0,58	0,07	0,20	0,91	0,22	3,13	0,52	0,22
НСР05	0,09	0,10		0,05	0,06	0,01	0,01	0,08	0,06	0,39	0,10	0,02

Таблица 6. Вынос и коэффициенты использования питательных веществ удобрений и возмещения выноса удобрениями (1992–1993 гг.)

№ вар.	Хозяйственный вынос питательных веществ урожаем основной и побочной продукции, кг/га					Вынос питательных веществ кг на 1 т основной продукции (при соответствующем количестве побочной)					Коэффициенты использования питательных веществ удобрений, %			Коэффициенты возмещения выноса питательных веществ удобрениями, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	62,7	28,0	50,2	6,8	7,9	19,1	8,5	15,3	2,1	2,4	–	–	–	–	–	–
2	74,8	33,9	60,7	8,7	9,4	19,4	8,9	15,9	2,3	2,5	–	–	–	–	–	–
3	111,0	42,2	81,7	16,3	13,5	23,5	8,9	17,3	3,4	2,9	40	12	–	81	166	–
4	120,6	46,7	97,8	16,4	14,0	23,1	8,9	18,7	3,1	2,7	51	–	37	75	–	102
5	85,0	36,9	66,9	11,5	10,9	19,4	8,4	15,3	2,6	2,5	–	4	6	–	190	149
6	108,0	45,1	84,0	14,1	14,6	21,6	9,1	16,8	2,8	2,9	55	16	23	55	155	119
7	122,6	45,6	99,4	17,1	14,6	23,8	8,8	19,3	3,3	2,8	53	17	38	73	154	101
8	117,2	44,7	107,0	15,8	14,2	23,8	9,1	21,7	3,2	2,9	47	10	31	77	235	140
9	126,9	50,1	120,6	17,6	15,6	23,9	9,4	22,8	3,3	2,9	58	23	60	71	140	83
10	128,6	49,2	118,9	18,0	15,0	24,2	9,2	22,3	3,4	2,8	60	22	39	70	142	126
11	120,8	44,6	107,7	15,4	13,8	24,7	9,1	22,1	3,1	2,8	51	10	31	74	235	139
12	134,6	50,3	131,0	17,2	16,3	25,9	9,7	25,2	3,3	3,1	50	23	70	85	139	76
13	130,8	49,9	135,3	16,6	15,5	25,8	9,8	26,7	3,3	3,1	47	15	50	92	210	111
14	131,2	49,4	126,3	16,0	14,9	26,0	9,8	25,0	3,2	3,0	47	22	66	69	142	79
15	128,2	49,0	119,2	18,7	15,1	26,1	10,0	24,2	3,8	3,1	44	14	39	94	214	126

Хозяйственный вынос элементов питания чаще всего используется при балансовых расчётах, а также в прогнозных расчётах при комплексном агрохимическом окультуривании полей, однако он может значительно изменяться в зависимости от уровня урожайности, применения удобрений, метеорологических условий периода вегетации. Менее варьировуемым является удельный вынос, рассчитываемый на 1 т основной при соответствующем количестве побочной продукции, хотя следует отметить, что он также может изменяться в зависимости от сортового состава и уровня плодородия почв, в связи с чем его необходимо периодически уточнять в полевых опытах с удобрениями.

В наших исследованиях удельный вынос элементов питания, определенный на оптимальных по урожаю вариантах, составляет: азота – 21,6–23,9 кг/т, фосфора 9,0–9,4, калия – 16,8–22,8, кальция – 2,8–3,3, магния – 2,9 кг/т (табл. 6).

Растения потребляют элементы питания в определенных соотношениях. Если принять за единицу удельный вынос фосфора – элемента в меньшей степени варьирующего под влиянием внешних условий и биологических свойств, то для ячменя соотношение между  $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO$  составляет 2,5:1,0:2,4:0,3:0,3 при внесении  $N60+30P70K100$  и 2,4:1,0:1,9:0,3:0,3 при внесении  $N60 P70K100$ .

Размеры потребления элементов питания из вносимых удобрений характеризуют коэффициенты использования,

рассчитанные нами разностным методом. В среднем за 2 года исследований при урожае ячменя 50–53 ц/га коэффициенты использования азота удобрений составляют 55–58%, фосфора – 16–23 и калия – 23–60 % (табл. 6). Обращают внимание низкие коэффициенты использования фосфора и калия из удобрений в варианте без внесения азота – соответственно 4 и 6 %, что подчёркивает важность сбалансированности всех факторов минерального питания.

С учётом данных по урожайности и выносу элементов питания для ячменя рекомендуются следующие коэффициенты возмещения выноса: азот – 55–71%, фосфор – 155–140, калий – 119–83%, которые можно использовать при расчёте доз минеральных удобрений на дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Таким образом, в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв, с повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия, наиболее эффективная доза минеральных удобрений для ячменя 230–260 кг NPK на фоне последствий 80 т/га навоза КРС. Оптимальная доза азотных удобрений  $N60$ , вносимая в один прием, и  $N90$ , вносимая в два приема в годы с благоприятным водным режимом, более высокая доза  $N 120$ , вносимая дробно в два-три приёма, не оказывала положительного влияния на урожай зерна, однако существенно улучшала аминокислотный состав.

При расчете доз минеральных удобрений рекомендуются следующие коэффициенты возмещения выноса: азот – 55–71%, фосфор – 140–155, калий – 83–119%.