

УДК 631.81:633.14

## ВЫНОС И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ

О.Е. Шаковец

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,  
г. Жодино, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из показателей эффективности применяемой системы удобрения является усвоение питательных веществ растениями, которое выражается в показателях выноса и коэффициентов использования питательных веществ [1-3]. Вынос элементов питания, рассчитанный на единицу основной продукции (с соответствующим количеством побочной), является величиной менее варьированной, чем общий вынос (суммарное отчуждение из почвы с основной и побочной продукцией). Это обусловлено некоторым саморегулированием растений путем изменения как химического состава, так и соотношения между основной и побочной продукцией. Показатели выноса и коэффициентов использования питательных веществ четко характеризуют видовые особенности культур [4-5].

Цель исследований заключалась в установлении показателей общего и удельного выноса и коэффициентов использования питательных веществ растениями озимой ржи, оценке влияния различных систем удобрения на изменение указанных величин.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 1997-1999 гг. в РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, контактно-оглеенной связносупесчаной, развивающейся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 30 см песком, а с глубины 145 см моренным суглинком, почве. В стационарном полевом опыте изучали эффективность систем удобрения с различной интенсивностью балансов (положительный, поддерживающий и дефицитный) элементов питания в севообороте картофель-ячмень-озимая рожь-овес. Схема опыта предусматривала изучение возрастающих доз азотных удобрений на различных уровнях применения фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на 50% (дефицитный баланс), 100% (поддерживающий баланс) и 150% (положительный баланс) компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем. Планируемый урожай озимой ржи – 40 ц/га. Сорт озимой ржи – Верасень.

Опыт развернут в пространстве в трех полях. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта:  $PH_{KCl}$  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 подвижных форм (по Кирсанову):  $P_2O_5$  – 170-290,  $K_2O$  – 130-230 мг/кг почвы; гумуса 2,5-3,0%.

Минеральные удобрения простой аммонизированный суперфосфат (20%  $P_2O_5$ ) и хлористый калий (60%  $K_2O$ ) вносили под предпосевную культивацию. Аммиачную селитру (34% N) вносили весной при возобновлении вегетации растений и в фазу стеблевания согласно схеме опыта.

Общая площадь делянок – 45 м<sup>2</sup> (9 x 5м), учетная – 32 м<sup>2</sup> (8 x 4м), повторность опыта – 4-кратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии возделывания зерновых культур. В опыте применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Срок сева – первая декада сентября, норма высева – 6,5 млн. зерен/га. Уборку озимой ржи проводили поделаяночно комбайном Сампо в первую декаду августа в фазу полной спелости.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическую кислотность определяли по Каппену, сумму обменных оснований по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве по методу Кирсанова, обменные кальций и магний методом ЦИНАО – ГОСТ 26487-85, гумус – по Тюрину; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотоколориметрическим индофенольным и ваннадо-молибдатным методами, калий – на пламенном фотометре, кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Вынос и коэффициенты использования питательных веществ рассчитывали согласно [6].

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались. Сумма выпавших осадков за период вегетации (апрель-август) составила в 1997 г. – 425,2 мм, 1998 г. – 500,9 мм, 1999 г. – 135,9 мм при средней многолетней величине 363 мм. Сумма активных температур по годам исследований составила в 1997 г. – 1928,7 С, в 1998 г. – 2016,8 С, в 1999 г. – 2270,4 С. В соответствии с этими показателями изменялся и условный показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК), который в 1997 г. составил 2,21, 1998 – 2,50 и 1999 г. – 0,60. Судя по гидротермическому коэффициенту, вегетационные периоды 1997 и 1998 гг. характеризуются как «умеренно прохладные и дождливые», 1999 г. – «жаркий и засушливый».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за три года исследований наиболее высокая урожайность озимой ржи – 41,2 ц/га получена в варианте 12 с дробным внесением азота  $N_{90+30}$  на фоне  $P_{40}K_{80}$ , т.е. при применении системы удобрения, рассчитываемой на компенсацию выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью зерна. Это выше по сравнению с контрольным вариантом (без удобрений) на 22,6 ц/га. Окупаемость 1 кг удобрений зерном составила 8,5 кг, 1 кг азотных удобрений – 14,7 кг. Применение таких же доз азотных удобрений на фоне  $P_{70}K_{120}$  (вариант 8) – система удобрения с положительным балансом элементов питания – не приводило к увеличению урожайности зерна озимой ржи, которая в этом варианте составила в среднем за три года 39,7 ц/га.

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах, компенсирующих примерно половину планируемого выноса с урожаем фосфора и калия ( $P_{20}K_{40}$ ) – система удобрения с дефицитным балансом элементов питания – существенно не отразилось на изменении урожайности зерна в вариантах с применением  $N_{60}$  и  $N_{60}+N_{30}$  (варианты 14 и 15), в которых урожайность зерна составила соответственно 34,6 и 36,4 ц/га. По отношению к варианту  $P_{70}K_{120}$  установлено достоверное снижение урожайности зерна озимой ржи (табл. 1).

Урожайность соломы в вариантах без внесения минеральных удобрений и с последствием органических удобрений в среднем за три года исследований составляла 27,9-32,1 ц/га, в вариантах с применением минеральных удобрений – 37,6-62,3 ц/га. Наибольшее влияние на урожайность соломы оказывали азотные удобрения в дозах 60 и 90 кг/га д.в. В этих вариантах урожайность достигала 54,8 (фон  $P_{20}K_{40}$ ) – 62,3 (фон  $P_{70}K_{120}$ ) ц/га. В варианте с максимальной урожайностью зерна –  $P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$  соотношение зерно: солома составило 1,00:1,45. Таким образом, на хорошо окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия более 200 мг/кг урожайность озимой ржи на уровне 40-50 ц/га обеспечивается при внесении  $N_{90}+N_{30}$ , на фоне применения фосфорных и калийных удобрений в дозах, компенсирующих вынос этих элементов питания с урожайностью.

Таблица 1

**Влияние систем удобрений на урожайность озимой ржи**

№ вар.	Вариант	Урожайность, ц/га					Прибавка, ц/га		Оплата 1кг удобрений зерном, кг	
		зерна				соломы	фону	PK	NPK	N
		1997 г.	1998 г.	1999 г.	Ø					
1.	Без удобрений	14,8	17,3	23,3	18,6	27,9	-	-	-	-
2.	Послед НКРС-фон	16,8	20,2	25,1	20,7	32,1	-	-	-	-
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	35,8	38,5	42,1	38,8	54,0	18,1	-	11,3	-
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	34,2	37,7	43,3	38,4	56,1	17,7	-	8,4	-
5.	$P_{70}K_{120}$	18,0	25,7	33,0	25,6	43,5	4,9	-	2,6	-
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	27,7	35,9	41,8	35,1	56,2	14,4	9,5	5,8	15,8
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	32,0	37,6	46,1	38,6	62,3	17,9	13,0	6,4	14,4
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	29,0	49,2	40,9	39,7	61,5	19,0	14,1	6,1	11,8
9.	$P_{40}K_{80}$	19,2	22,3	29,3	23,6	38,3	2,9	-	2,4	-
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	30,3	37,1	39,0	35,5	54,9	14,8	11,9	8,2	19,8
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	31,0	37,9	41,3	36,7	57,4	16,0	13,1	7,6	14,6
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	29,4	52,5	41,7	41,2	59,9	20,5	17,6	7,3	14,7
13.	$P_{20}K_{40}$	20,8	20,3	27,4	22,8	37,6	2,1	-	3,5	-
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	30,4	35,9	37,4	34,6	54,8	13,4	11,8	11,6	19,7
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	29,9	40,1	39,3	36,4	54,4	15,7	13,6	10,5	15,1
	НСР <sub>05</sub>	5,0	3,5	3,8	2,4	3,3				

Анализ данных химического состава зерна озимой ржи показывает, что наиболее динамичным показателем, подверженным влиянию удобрений, является содержание в нем азота.

Содержание азота в зерне озимой ржи изменялось в зависимости от доз азотных удобрений и погодных условий периода вегетации. Содержание общего азота по годам исследований в варианте без удобрений изменялось незначи-

тельно: от 1,39 в 1997 г. до 1,48% в 1998 г. Различия по годам в удобренных вариантах в зависимости от погодных условий были более существенными. Наиболее высокое содержание азота было установлено в 1997 г., который характеризовался температурными условиями и выпадением осадков более близкими к средним многолетним данным, чем 1998 г. и 1999 г. В среднем за три года содержание общего азота в зерне озимой ржи при увеличении доз азотных удобрений возрастало, достигая максимума 1,80-1,81% в вариантах с внесением N<sub>90</sub> (вариант 4) и N<sub>120</sub> (вариант 8,12) в два срока (90 кг/га д.в. весной при возобновлении вегетации растений и 30 кг/га д.в. в стадию начала трубкования). В оптимальном по урожайности варианте содержание азота по годам изменялось от 1,72 до 1,90% (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений на химический состав озимой ржи, % на сухое вещество (1997-1999 гг.)**

№ вар.	Вариант	Зерно					Солома				
		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
1.	Без удобрений	1,42	0,48	0,49	0,06	0,12	0,38	0,41	1,00	0,23	0,11
2.	Послед. НКРС-фон	1,49	0,49	0,49	0,06	0,13	0,38	0,45	1,08	0,24	0,11
3.	P <sub>70</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,74	0,50	0,48	0,06	0,13	0,38	0,34	1,52	0,24	0,12
4.	K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,81	0,50	0,49	0,06	0,13	0,48	0,31	1,54	0,24	0,12
5.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	1,59	0,49	0,49	0,06	0,13	0,38	0,38	1,16	0,22	0,12
6.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub>	1,65	0,48	0,50	0,06	0,12	0,46	0,34	1,50	0,22	0,11
7.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,77	0,50	0,48	0,06	0,13	0,38	0,34	1,58	0,21	0,12
8.	P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> +N <sub>90</sub> +N <sub>30</sub>	1,82	0,52	0,50	0,06	0,14	0,47	0,32	1,76	0,23	0,12
9.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	1,51	0,50	0,50	0,06	0,13	0,39	0,36	1,36	0,23	0,12
10.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>60</sub>	1,73	0,49	0,50	0,06	0,13	0,34	0,34	1,44	0,22	0,11
11.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,76	0,48	0,48	0,06	0,13	0,54	0,32	1,60	0,23	0,11
12.	P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> +N <sub>90</sub> +N <sub>30</sub>	1,80	0,51	0,50	0,06	0,14	0,49	0,30	1,76	0,24	0,12
13.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	1,64	0,50	0,49	0,06	0,14	0,36	0,44	1,24	0,23	0,12
14.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub> +N <sub>60</sub>	1,69	0,49	0,49	0,06	0,13	0,36	0,31	1,42	0,23	0,11
15.	P <sub>20</sub> K <sub>40</sub> +N <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	1,65	0,49	0,48	0,06	0,13	0,48	0,38	1,52	0,22	0,11
	НСП <sub>05</sub>	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04	0,08	0,01	0,01

Содержание азота в соломе было значительно ниже, чем в зерне и в среднем за три года исследований оно составляло по вариантам опыта 0,36 -0,54%.

Содержание фосфора в зерне и соломе в зависимости от доз минеральных удобрений практически не изменялось. Содержание калия в зерне озимой ржи в основном зависело от погодных условий вегетационного периода. Так, во влажном 1998 г. оно было практически в два раза ниже, чем в 1997 г. и 1999 г.

В среднем за три года содержание калия в зерне не зависело от доз применяемых удобрений, а в соломе – достоверно увеличивалось при повышении доз азотных удобрений на всех фонах фосфорных и калийных удобрений. В оптимальном по урожайности зерна варианте (вариант 12) установлено следующее содержание элементов питания в зерне: азот – 1,80, фосфор – 0,51, калий – 0,50, CaO – 0,06 и MgO – 0,14%, соломе: азот – 0,49, фосфор – 0,30, калий – 1,76, CaO – 0,24 и MgO – 0,12%.

Вынос элементов питания определяется их концентрацией в основной и побочной продукциях, а также соотношением последних.

Согласно обобщенным данным, отношение зерна к соломе под влиянием удобрений меняется незначительно [5], что подтверждается также и нашими исследованиями. В исследованиях соотношение зерна к соломе наибольшее складывалось при дефицитном балансе с применением минимальной дозы азота (1,4), а при возрастающих дозах азота уменьшалось с 1,5 до 1,3. При положительном балансе этот показатель находился на одном уровне – 1,4.

Общий вынос элементов питания с одного гектара существенно варьировал как по годам исследований, так и от уровней минерального питания. Из минеральных удобрений наиболее значимым на вынос элементов питания было влияние возрастающих доз азота. Так, если в варианте без внесения минеральных удобрений растениями озимой ржи отчуждалось с одного гектара 31,6 кг азота, 17,3 кг – фосфора, 31,2 кг – калия, 6,4 кг кальция и 4,6 кг магния, то в удобренных вариантах эти величины возросли более, чем в два раза. В среднем при рекомендуемых дозах минеральных удобрений с одного гектара при урожайности зерна 41,2 ц/га растениями озимой ржи выносятся 88,4 кг азота, 33,1 кг фосфора, калия – 106,2 кг, кальция – 14,0 кг, магния – 10,8 кг/га.

Расчеты выноса элементов питания показали, что в зависимости от применяемой системы удобрения общий вынос азота изменялся от 43,2 до 88,4 кг/га, фосфора – 21,7-34,4, калия – 48,8-108,0, кальция – 8,6-14,0, магния – 6,4-10,8 кг/га. Рост доз NPK усиливал вынос элементов питания как из минеральных удобрений, так и из почвы.

Максимальный вынос азота, фосфора, калия, кальция и магния отмечается на вариантах с внесением дозы азота  $N_{120}$  на фоне фосфорных и калийных удобрений. Общий вынос элементов питания максимальный в вариантах с внесением азотных удобрений в два срока (весной при возобновлении вегетации растений и в стадию 2-го узла стеблевания) на фоне РК при применении систем удобрения с поддерживающим и положительными балансами компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

На основании данных химического состава озимой ржи нами рассчитан удельный вынос элементов питания с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы. Удельный вынос азота изменялся в зависимости от доз азотных удобрений: при дозе  $N_{60}$  – 19-20 кг,  $N_{90}$  -20-22 кг,  $N_{120}$  -21-22 кг. В варианте, обеспечивающем максимальный урожай зерна озимой ржи ( $N_{90+30}P_{40}K_{80}$ ), вынос азота с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы составил 21 кг. Удельный вынос фосфора, калия, кальция и магния был практически одинаков для всех изучаемых систем удобрения и в меньшей мере зависел от доз удобрений. При этом удельный вынос фосфора в оптимальном варианте (система удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем) составил 8 кг, калия – 26 кг.

Установлено, что в оптимальном по урожайности варианте  $N_{90+30}P_{40}K_{80}$  с 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной, озимая рожь выносит 21,0 кг азота, 8,0 – фосфора, 26,0 – калия, 3,4 кг кальция и 2,6 кг магния, что ниже методического удельного выноса фосфора (16 кг) [7].

Удельный вынос кальция и магния был достаточно близким по всем вариантам исследований – 3,3-3,8 и 2,5-2,8 кг соответственно (табл. 3). Удельный вынос элементов питания максимальный в вариантах с внесением азотных удобрений в два срока (весной при возобновлении вегетации растений и в стадию

2-го узла стеблевания) на фоне РК при применении систем удобрения с поддерживающим и положительными балансами компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

Таблица 3

**Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на вынос элементов питания**

№ вар.	Вариант	Удельный вынос, кг на 1 тонну зерна и соответствующее количество побочной продукции					Общий вынос, кг/га				
		N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	MgO
1.	Без удобрений	17	9	17	3,4	2,5	31,6	17,3	31,2	6,4	4,6
2.	Послед. НКРС-фон	18	10	18	3,6	2,6	36,8	20,9	37,9	7,5	5,4
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	19	8	22	3,4	2,5	75,4	32,1	85,0	13,0	9,8
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	21	8	23	3,5	2,6	82,3	31,1	88,7	13,3	9,8
5.	$P_{70}K_{120}$	19	10	21	3,7	2,8	48,9	24,6	53,1	9,5	7,1
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	20	9	24	3,4	2,5	71,5	30,5	85,9	12,0	8,7
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	20	9	26	3,4	2,7	78,6	34,4	98,6	13,2	10,4
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	22	9	27	3,5	2,7	86,4	34,3	108,0	14,0	10,8
9.	$P_{40}K_{80}$	18	9	23	3,7	2,7	43,2	21,7	53,9	8,7	6,4
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	19	9	23	3,4	2,6	68,4	30,6	81,6	12,1	9,2
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	22	8	25	3,6	2,5	81,6	30,6	92,3	13,1	9,2
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	21	8	26	3,4	2,6	88,4	33,1	106,2	14,0	10,8
13.	$P_{20}K_{40}$	19	10	21	3,8	2,8	43,5	23,7	48,8	8,6	6,4
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	19	8	23	3,6	2,6	66,9	29,2	79,9	12,4	9,1
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	20	9	23	3,3	2,5	73,6	32,7	84,5	12,1	9,1

Коэффициент использования растениями элементов питания из почвы показывает долю его потребления от общего содержания подвижных форм этих элементов в пахотном слое. Проведенные нами расчеты в варианте без внесения минеральных удобрений, который характеризует потребление элементов питания из почвы, показали, что коэффициенты использования фосфора и калия озимой рожью из дерново-подзолистой супесчаной почвы составили соответственно 3,8 и 8,8%.

По разности выноса фосфора и калия в удобренных и неудобренных вариантах, отнесенного к применяемой дозе удобрения, рассчитывались коэффициенты использования этих элементов растениями озимой ржи из удобрений (табл. 4). В результате проведенных исследований установлено, что коэффициенты использования азота из удобрений в зависимости от применяемых доз изменялись незначительно, и, в зависимости от фонов фосфорных и калийных удобрений составляли 31-51%. На фоне  $P_{40}K_{80}$  при увеличении доз азотных удобрений от 60 до 120 кг/га д.в. коэффициент использования азота из удобрения уменьшался от 42 до 38%, т.е. только на 4%. По нашему мнению, это связано с тем, что увеличение доз азотных удобрений сопровождалось соответствующим приростом урожайности зерна озимой ржи.

Коэффициенты использования фосфора и калия из вносимых удобрений, наоборот, в значительной мере зависели от применяемых доз. Так, если при внесении фосфора в дозе 70 кг/га д.в. коэффициент использования фосфора из удобрения составлял 8-14%, то при дозе 40 кг/га д.в. он повышался до 22-28%, а при использовании  $P_{20}$  – до 27-45%. По сути 20 кг/га д.в. фосфорных удобре-

ний – это доза для локального внесения и коэффициент использования фосфора из удобрения на уровне 27-45% характеризует эффективность локального внесения этого вида удобрения. Следует отметить также, что на величину коэффициента использования фосфора из удобрений положительное влияние оказывало применение более высоких доз азота – от 60 до 120 кг/га д.в., особенно на фонах  $P_{40}K_{80}$  и  $P_{20}K_{40}$ , где коэффициент использования фосфора из удобрения составил соответственно 28 и 45%.

Таблица 4

**Влияние условий минерального питания на использование элементов питания из удобрений**

№ вар.	Вариант	Коэффициенты использования элементов питания из удобрений, %		
		N	$P_2O_5$	$K_2O$
1.	Без удобрений	-	-	-
2.	Послед. НКРС-фон	-	-	-
3.	$P_{70}+N_{60}+N_{30}$	43	16	-
4.	$K_{120}+N_{60}+N_{30}$	51	-	42
5.	$P_{70}K_{120}$	-	5	13
6.	$P_{70}K_{120}+N_{60}$	38	8	27
7.	$P_{70}K_{120}+N_{60}+N_{30}$	33	14	38
8.	$P_{70}K_{120}+N_{90}+N_{30}$	31	14	46
9.	$P_{40}K_{80}$	-	2	20
10.	$P_{40}K_{80}+N_{60}$	42	22	35
11.	$P_{40}K_{80}+N_{60}+N_{30}$	43	22	48
12.	$P_{40}K_{80}+N_{90}+N_{30}$	38	28	65
13.	$P_{20}K_{40}$	-	14	27
14.	$P_{20}K_{40}+N_{60}$	39	27	77
15.	$P_{20}K_{40}+N_{60}+N_{30}$	33	45	89

Аналогичная зависимость отмечалась и в исследованиях с оценкой эффективности использования калия из удобрений. Более низкая величина этого показателя – 27-46% была установлена при внесении калия в дозе 120 кг/га д.в. При оптимальной в опыте дозе  $K_{80}$  величина коэффициента использования этого элемента увеличивалась до 35-65%, а при дозе  $K_{40}$  он возрастал до 77-89%.

В оптимальном по полученной урожайности варианте  $N_{90+30}P_{40}K_{80}$  использование азота из удобрений составило 38%, фосфора – 28%, калия – 65%, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности рекомендуемых доз минеральных удобрений – система удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем.

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной, контактно-оглеенной связносупесчаной, развивающейся на связной водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 30 см песком, а с глубины 145 см моренным суглинком, почве, оптимальная урожайность зерна озимой ржи 41,2 ц/га высокого качества

(содержание белка 9,1%) формировалась при применении системы удобрения с поддерживающим балансом компенсации выноса  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с урожаем при дозах  $N_{90}+N_{30}P_{40}K_{80}$ .

При применении оптимальных доз минеральных удобрений удельный вынос азота с 1 тонной зерна и соответствующим количестве побочной продукции составлял 21, фосфора – 8, калия – 26, кальция – 3,4, магния – 2,6 кг. Коэффициенты использования фосфора из почвы составляли 3,8%, калия – 8,8%, из минеральных удобрений – азота – 38, фосфора – 28, калия – 65%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Продуктивность зернового севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при различных системах применения удобрений / В.В. Лапа [и др.] // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 20-29.

2. Вынос и коэффициенты использования элементов питания в севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.Н. Ивахненко [и др.] // Почвы и их плодородие на рубеже столетий : материалы II съезда Белорус. о-ва почвоведов, Минск, 25-29 июня 2001 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии ; ред. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2001. – Кн. 2: Актуальные проблемы плодородия почв в современных условиях. – С. 122-125.

3. Шаковец, О.Е. Влияние доз минеральных удобрений на использование элементов питания овсом на дерново-подзолистой супесчаной почве / О.Е. Шаковец // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – Вып. 32. – С. 156-161.

4. Лапа, В.В. Влияние азотных удобрений на урожай овса и вынос элементов питания / В.В.Лапа, В.Н.Босак, Е.М.Лимантова, Т.М.Германович // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1999. – Вып. 30. – С. 89-95.

5. Детковская, Л.П. Вынос элементов питания урожаем зерновых культур // Л.П.Детковская, Н.Н.Ивахненко, Ю.В.Цеханович, М.Ф.Коваленок // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1986. – Вып. 22. – С. 106-111.

6. Методика разработки нормативных показателей выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы: метод. указания / ЦИНАО. – М., 1982. – 56 с.

7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В.Лапа. – Минск: Белор. наука, 2007. – 390 с.

## REMOVAL AND COEFFICIENTS OF NUTRIENTS USE OF WINTER RYE BY VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS

O.E. Shakovets

### Summary

The three-year data on influence of various winter rye fertilizer systems on indexes of total and specific removal and coefficients of nutrients use of soil and fertilizer are given.

*Поступила 13 ноября 2009 г.*