ВЫНОС NPK ПШЕНИЦЕЙ И ЯЧМЕНЕМ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ЦРНЗ РФ

В.А. Варламов, к.б.н., А.М. Алиев, А.В. Ваулин, Н.А. Кирпичников, Г.И. Ваулина, д-ра с.-х.н., ЦОС ВНИИА

Приведены многолетние опытные данные ЦОС ВНИИА по изменению выноса NPK кг/10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦРНЗ РФ в зависимости от уровня плодородия, доз удобрений, предшественника и химических средств защиты растений. Показано, что использование усредненных показателей при расчетах доз удобрений неправомерно.

Ключевые слова: удельный вынос NPK, озимая пшеница, яровой ячмень, азот, фосфор, калий.

Вынос азота, фосфора и калия используют практически при всех балансовых расчетах годовых доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2]. В справочной литературе приводятся только средние (обобщенные) их величины [3]. В то же время, как показали результаты многих исследований, вынос основных элементов минерального питания на единицу продукции может существенно изменяться в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня минерального питания, сортовых особенностей растений и других факторов: по азоту от 19 до 44 кг, фосфору – от 8 до 15, калию – от 15 до 44 кг [4-7]. Единого мнения по этому вопросу в агрохимической литературе не сформировалось до сих пор. М.К. Каюмов [8] считает, что ячменю для формирования 10 ц зерна и соответствующего количества соломы требуется 25 кг азота, 10,9 фосфора и 17,5 кг калия, Г.В.Гуляев [9], соответственно, – 25,0, 11,0 и 22,0, Ш.И.Литвак [10] – 29,0, 23,0 и 21,0, Кузнецова З.А. [11] – 23,0, 6,2 и 11,5 кг. Использование при расчетах доз удобрений как завышенных, так и заниженных показателей выноса NPK приводит к изменению величины, качества урожая и экономической эффективности общих производственных затрат на возделывание культуры. Учет факторов, оказывающих наибольшее влияние на величину выноса элементов питания растениями, особенно важен в интенсивных технологиях, когда затраты на удобрения особенно велики.

Цель исследований – изучить влияние отдельных факторов на изменения показателей выноса основных элементов минерального питания растениями озимой пшеницы и ячменя.

Методика. Исследования проведены на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой неокультуренной почве ($pH_{сол.}$ 4,0-4,5, содержание гумуса 1,50-1,65 %, подвижных P_2O_5 и K_2O 2,3-3,5 и 11,2-13,0 мг/100 г соответственно) и окультуренной почве ($pH_{сол.}$ 5,4-5,7, содержание гумуса 1,70-1,82 %, подвижных P_2O_5 и K_2O 6,5-8,0 и 12,5-15,0 мг/100 г соответственно) в длительных и краткосрочных полевых опытах, проведенных за последние 40-50 лет [12-15]. На неокультуренной почве были проведены опыты СШ-1 и П-35, в которых фоном служили контроли без удобрений при минимальной защите растений от вредных организмов (протравливание семян и применение гербицидов). Опыты СИ-11, СШ-2 и СШ-8 проводили на окультуренной почве. В опыте СШ-8 в качестве фона был контроль без удобрений (протравливание семян и применение гербицида). В опыте СИ-11 на озимой пшенице в качестве фона принят блок В0 (без защиты растений – $P_{60}K_{120}$ и протравливание семян), который сравнивали с блоком В2 (интегрированная система защиты – протравливание семян, 1-я обработка гербицидами, фунгицидами и ретардантами в начале фазы выхода в трубку, 2-я обработка фунгицидами в фазе колошения). Ячмень в опыте СИ-11 изучали по той же схеме, что и для озимой пшеницы. Технология применения средств защиты растений при возделывании ячменя отличалась только тем, что в ней не применяли ретарданты. В опыте СШ-2 для анализа использовали выносы NPK- фон 1 (органоминеральная система удобрения) и фон 2 (минеральная система удобрения, рассчитанная на получение 60 ц/га зерна озимой пшеницы и эквивалентная по NPK фону 1). На фонах 1 и 2 без применения химических средств защиты растений (ХСЗР) проводили только протравливание семян перед посевом. В вариантах с использованием ХСЗР применяли также опрыскивание посева озимой пшеницы в фазе кущения гербицидами, фунгицидами и ретардантами. В фазе выхода растений в трубку фунгициды использовали повторно.

Результаты и их обсуждение. На неокультуренной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при высокой эффективности удобрений вынос элементов питания в расчете на единицу основной продукции заметно повышается при внесении минеральных удобрений (табл. 1). Так при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$ и урожае 39,2 ц/га вынос азота, фосфора и калия повысился, соответственно, на 6,0; 7,0 и 24,0%.

1.Удельный вынос основных элементов питания озимой пшеницей и ячменем на почвах разной окультуренности

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Вынос, кг/10 ц зерна с учетом соломы		
		N	P_2O_5	K_2O
Неокультуренная почва				
Озимая пшеница (опыт СШ-1, 1974-1979 гг.)				
Контроль (без удобрений)	16,3	24,5	10,6	18,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	39,2	26,0	11,4	22,5
$НСР_{05}$	3,9 ц/га			
Ячмень (опыт СШ-1, 1975-1980 гг.)				
Контроль (без удобрений)	12,8	21,5	11,5	18,4
$N_{80}P_{60}K_{80}$	28,0	26,8	12,6	22,0
$НСР_{05}$	3,7 ц/га			
Окультуренная почва				
Озимая пшеница (опыт СШ-8, 1975-1979 гг.)				
Контроль (без удобрений)	41,4	23,9	10,5	16,6
$N_{90}P_{60}K_{90}$	52,0	25,4	10,8	18,3
$НСР_{05}$	4,1			
Ячмень (опыт СШ-8, 1976-1980 гг.)				
Контроль (без удобрений)	27,7	24,2	13,5	20,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	37,8	26,0	13,9	21,4
$НСР_{05}$	2,9 ц/га			

У ячменя при внесении $N_{80}P_{60}K_{80}$ и урожае 28,0 ц/га затратные коэффициенты повышались, соответственно, на 25,5; 9,0 и 24,0%.

На окультуренной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве вынос элементов питания в зависимости от применения удобрений изменялся менее значительно (см. табл.1). Так при применении $N_{90}P_{60}K_{90}$ и урожае 52,0 ц/га удельные коэффициенты возрастали, соответственно, на 6,0; 3,0 и 10,0%. В посеве ячменя увеличение затрат NPK на создание единицы урожая ячменя при применении удобрений, также как и озимой пшеницы, было небольшим и составило, соответственно, 7,0; 3,0 и 7,0%. Следует отметить, что различия в затратах основных элементов питания на формирование единицы урожая между ячменем и озимой пшеницей на неокультуренной почве были незначительными.

Закономерность повышения удельных коэффициентов выноса NPK ячменем четко прослеживается при внесении возрастающих доз минеральных удобрений и в краткосрочном полевом опыте (табл. 2). При увеличении доз NPK с 0 до 180

кг/га и повышении урожая с 27,5 до 42,5 ц/га вынос азота, фосфора и калия возрастал, соответственно, в 1,7; 1,2 и 1,4 раза. Особенно заметно возрастали затраты NPK (соответственно, в 1,3, 1,1, 1,2 раза) при применении экспериментально завышенных доз удобрений (табл. 2, доза $N_{180}P_{180}K_{180}$).

2. Влияние возрастающих доз NPK на урожайность зерна ячменя и удельный вынос азота, фосфора и калия (опыт П-35, 1979-1984 гг.)

Показатель	Доза удобрений, кг д.в/га			
	$N_0P_0K_0$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{120}P_{120}K_{120}$	$N_{180}P_{180}K_{180}$
Урожайность, ц/га	27,5	41,0	42,6	42,5
Удельный вынос, кг/10 ц:				
азота	26,6	28,4	35,7	43,9
фосфора	13,4	13,1	14,3	15,8
калия	30,4	31,9	36,9	42,4
$НСР_{05}$, ц/га 3,15				

Удельный коэффициент азота при формировании урожая ячменя возрастал в 1,36-1,39 раза при возделывании его по обороту пласта многолетних бобово-злаковых трав (табл. 3). Затраты фосфора в этих условиях также увеличивались в 1,44-1,45 раза. Затраты калия при возрастании доз азотных удобрений практически не изменялись, увеличиваясь всего в 1,03 раза.

При выращивании по пласту многолетних трав озимой пшеницы с повышением доз азота с 0 до 135 кг/га вынос азота увеличился в 1,29-1,30 раза, калия – в 1,44-1,45 раза, а фосфора уменьшился в 1,05-1,06 раза.

3. Удельный вынос NPK озимой пшеницей и ячменем, возделываемых по многолетним бобово-злаковым травам (опыт СИ-11)

Доза азота по фону $P_{60}K_{120}$	Урожайность, ц/га		B_0(без защиты растений)			B_2 (интегрированная система защиты растений)		
			Вынос, кг / 10 ц зерна					
	B_0	B_2	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Озимая пшеница, сорт Московская 39 по пласту бобово-злаковых трав (2007-2009 гг.)								
N_0	34,7	54,2	27,8	15,9	27,2	25,7	15,1	22,4
N_{45}	46,9	64,1	30,9	15,9	30,7	28,6	15,1	25,1
N_{90}	46,0	76,3	33,8	15,7	31,3	31,2	14,9	25,5
N_{135}	47,9	74,6	36,2	15,4	31,3	33,2	14,3	25,5
$НСР_{05}$	4,5 ц/га							
Ячмень, сорт Эльф по обороту пласта бобово-злаковых трав (2003-2005, 2009 гг.)								
N_0	36,5	43,6	23,0	17,5	23,3	23,7	17,5	23,3
N_{45}	47,5	55,0	26,9	17,6	26,7	27,0	18,0	26,6
N_{90}	51,7	63,2	29,3	17,5	31,5	29,3	17,5	31,4
N_{135}	53,1	63,5	32,0	18,0	33,7	32,2	18,1	33,6
$НСР_{05}$	3,6 ц/га							

Как показали исследования, удельный вынос NPK зависит также от уровня защиты зерновых культур от сорняков, болезней и вредителей [16, 17]. При интегрированной защите растений (см. табл. 3, блок 2 – протравливание семян перед посевом, применение ХСЗР для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями с учетом порога вредоносности) удельный вынос азота снизился в среднем по всем вариантам опыта с озимой пшеницей при росте урожайности в 1,54 раза на 2,5, фосфора – на 0,8, калия – на 5,5 кг/10 ц. На ячмене при возрастании урожайности в блоке 2 – в 1,2 раза, затраты NPK на формирование единицы урожая при интегрированной защите растений практически не изменились. В среднем по блоку 2 по сравнению с блоком 0 затраты азота возросли на 0,3 кг/10 ц, фосфора – на 0,1, а калия – даже снизились на 0,1 кг/10 ц. Незначительно повысился вынос азота, фосфора и калия при выращивании озимой пшеницы по органоминеральной системе удобрения. В эквивалентных вариантах навоз + NPK по сравнению с только одной минеральной системой удобрения вынос азота озимой пшеницей в расчете на чистую культуру возрастал в длительном полевом опыте СШ-2 всего на 0,4 кг/10 ц, фосфора – на 1,1, калия – на 1,0 кг/10 ц (табл.4,). Применение ХСЗР на фоне органоминеральной и минеральной систем удобрения, так же как и в опыте СИ-11 (см. табл. 3), приводило к незначительному снижению удельного коэффициента затрат по азоту (на 1,2-1,8) и фосфору (на 1,0-2,1 кг) и к существенному по калию (на 8,5-9,3 кг).

Особого внимания с точки зрения сокращения затрат макроэлементов на формирование единицы урожая, заслуживает строгое выполнение всех агротехнических и химических приемов борьбы с вредными организмами [18]. В первую очередь это относится к сорным растениям, основным конкурентам зерновых культур в борьбе за элементы минерального питания. В засоренных посевах озимой пшеницы сорняки связывают азота на 34,8-39,5%, фосфора на 33,9-39,7, калия на 56,5-69,0% больше, чем посевы основной культуры, что необходимо учитывать при разработке технологии возделывания этой культуры. При этом общий вынос NPK с единицы площади посева значительно увеличивается (содержание NPK в зерне +солома + сорняки), сбор основной и побочной продукции культурных растений (зерно + солома) уменьшается, а удельные затраты NPK на выращивание 10 ц/га зерна возрастают. Так, в длительном опыте СШ-2 в среднем за 4 ротации севооборота на органоминеральном и минеральном фонах в вариантах без применения гербицидов удельный расход азота возрастал на 10,1-11,3, фосфора – на 4,3-4,6, калия – на 19,0-22,5 кг/10 ц. На фонах навоз + NPK + ХСЗР и NPK + ХСЗР, где растения озимой пшеницы были защищены от вредных организмов и лучше конкурировали с сорной растительностью, удельный вынос азота возрастал только на 0,9-1,5, фосфора – на 0-0,4, калия – на 1,5-3,9 кг/10 ц (табл. 4).

4. Влияние ХСЗР на вынос NPK озимой пшеницей, кг/10 ц (опыт СШ-2; 5-8 ротации севооборота)

Вариант опыта	Вынос культурой			Вынос культурой вместе с сорняками		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Навоз + NPK – фон 1	29,0	12,7	33,6	39,1	17,0	52,6
Фон 1 + ХСЗР	27,2	10,6	24,3	28,1	11,0	25,8
NPK – фон 2	28,6	11,6	32,6	39,9	16,2	55,1
Фон 2 + ХСЗР	27,4	10,6	241,	28,2	10,6	28,0

Выводы. Экспериментальные данные, полученные в длительных и краткосрочных полевых опытах на дерново-подзолистой суглинистой почве ЦОС ВНИИА показывают, что удельные затраты NPK на формирование 10 ц/га зерна и соответствующего количества побочной продукции в значительной степени зависят от условий возделывания культуры. Наименьший вынос NPK на формирование 10 ц зерна озимой пшеницей и ячменем отмечен на неокультуренной почве. При применении умеренных доз минеральных удобрений вынос азота озимой пшеницей увеличивается на 6%, фосфора – на 7, калия – на 24%, ячменем, соответственно, на 25; 9 и 24 %. Возрастание удельного выноса NPK происходит при любом улучшении питания. Применение ХСЗР и устранение конкурентов культурных растений в борьбе за NPK приводят к уменьшению выноса на 10 ц/га зерна основными зерновыми культурами. При практическом использовании удельных коэффициентов выноса NPK для расчета доз удобрений под зерновые культуры важно иметь в виду, что применение одних удобрений без ХСЗР на 30-40% повышает удельные коэффициенты использования NPK и приводит к снижению эффективности средств химизации.

Литература

1. *Методические* указания по определению баланса питательных веществ: азота, фосфора, калия, гумуса, кальция.- М., 2000.- 39 с.
2. *Рекомендации* по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивноландшафтного земледелия.- М., ФГНУ «Росинформагротех», 2010.- 464 с.
3. *Справочник* по удобрениям.- М.: Колос,1964.- 387 с.
4 .*Авдонин Н.С.* Научные основы применения удобрений.- М.: Колос, 1972.- 320 с.
5. *Горелько Н.М.* Расход питательных элементов на формирование урожая ячменя в связи с условиями влагообеспеченности. Резервы повышения плодородия почвы и эффективности удобрений// Сб. научн. тр., Горки, 1985, вып. 129.- С. 54-61.
6. *Сычев В.Г.* Применение удобрений в адаптивно-ланшафтном земледелии Нечерноземной зоны России.- М.: ВНИИА, 2005.- 160 с.

7. *Nutrient* requirement of species and cultivars. Agr. Yield potent. Continental Olim., 1981, p. 49-56.
8. *Каюмов М.К.* Фотосинтетическая деятельность и урожай озимой пшеницы при разных дозах удобрений// Автореф. дисс. канд. с.-х. наук, 1970.- 21 с.
9. *Гуляев Г.В., Сергеев А.В.* Селекция и семеноводство с.-х. культур в Нечерноземной зоне.- М.: Россельхозиздат, 1977.- 68 с.
10. *Литвак Ш.И.* Системный подход к агрохимическим исследованиям. – М.: Агропромиздат, 1990.- 220 с.
11. *Кузнецова З.А.* Влияние удобрений на химический состав зерновых культур и вынос элементов питания урожаями// Агроохимия, 1965.- № 11. – С.108-116.
12. *Алиев А.М.* Эффективность комплексного применения средств химизации в интенсивном земледелии Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР// Дис. д. с.-х. н.-М., 1989.- 343 с.
13. *Ваулина Г.И.* Эффективность минеральных удобрений и других средств химизации при возделывании разных сортов зерновых культур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны// Дис. д. с.-х. наук.- М., 2007. – 418 с.
14. *Ваулин А.В.* Эффективность комплексного применения средств химизации в технологиях возделывания ячменя в Центральном районе Нечерноземной зоны России// Дис.д. с.-х. н.- М., 1994. – 414 с.
15. *Кирпичников Н.А.* Оптимизация фосфатного режима дерново-подзолистой почвы при сочетании фосфорных и известковых удобрений// Дис. д. с.-х. н., 1989.- 262 с.
16. *Алиев А.М., Калинушкина Л.Ф.* Удобрения и гербициды// Защита растений, 1980.- № 9.- С. 22-23.
17. *Ладонин В.Ф., Алиев А.М.* Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии.- М.: Агропромиздат, 1991.- 271 с.
18. *Захаренко В.А., Груздев Г.С., Воеводин А.В. и др.* Экономические пороги вредоносности сорных растений в посевах основных сельскохозяйственных культур (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1984. – 25 с.

NPK REMOVAL BY WHEAT AND BARLEY FROM CLAY LOAMY SODDY-PODZOLIC SOIL IN THE CENTRAL NONCHERNOZEMIC ZONE OF RUSSIAN FEDERATION

V.A. Varlamov, A.M. Aliev, A.V. Vaulin, N.A. Kirpichnikov, G.I. Vaulina
Central Experimental Station, Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, Zarya Podmoskov'a, Domodedovo raion, Moscow oblast, 142062 Russia csviua@t50.ru, vaulina-43@mail.ru

Long-term field experiments were performed on studying the removal of NPK with the target and side crops at the growing of cereals on a clay loamy soddy-podzolic soil in the Central Noncernozemic Zone of Russian Federation depending on the level of soil fertility, fertilizer rates, precursors, and plant-protecting chemicals. It was shown that the use of averaged parameter values in the calculation of fertilizer rates is inappropriate.

Keywords: specific removal of NPK, winter wheat, spring barley, nitrogen, phosphorus, potassium.