

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.811:631.582:631.445.2

ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, О.Г. Кулеш, М.С. Лопух
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Создание оптимальных условий питания в течение вегетации имеет важное значение для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, поскольку недостаток одного из элементов питания в процессе роста и развития обычно приводит к существенному снижению урожайности, а также ухудшению качества получаемой продукции. В связи с этим изучение химического состава растений, который определяется их биологическими особенностями и условиями выращивания, и выноса растениями элементов питания имеет немаловажное значение при оценке эффективности систем удобрения [1, 2, 3, 4].

Известно, что если создается более благоприятный комплекс внешних условий, положительно влияющих на урожайность растений, то выше и вынос из почвы элементов питания. В ряде случаев количество отдельных элементов питания, затрачиваемых на создание урожаев, не покрывается вносимыми удобрениями, и тогда имеет место отрицательный баланс элементов, безвозмездно отчуждаемых из почвенных запасов.

Оценка состояния баланса элементов питания в системе удобрение – почва – растение, таким образом, является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений [5].

Изучение динамики элементов питания в почве и баланса позволяет систематически контролировать и направленно регулировать агрохимические свойства почв, повышать эффективность плодородия путем применения удобрений и мелиорантов, а также других средств химизации. Регулирование биологического круговорота и баланса путем оптимизации доз и соотношений питательных веществ, вносимых с удобрениями, будет способствовать увеличению урожайности, улучшению качества основной продукции и повышению в биологической массе удельного веса хозяйственно-ценной части урожая.

В связи с этим целью наших исследований был расчет хозяйственного и удельного выноса и оценка состояния баланса питательных веществ за ротацию зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния различных систем удобрения на вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте проводили в

длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лесовидном суглинке, почве. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта: pH_{KCl} 5,8–6,0, содержание P_2O_5 – 300–360, K_2O – 200–250 мг/кг почвы, гумуса – 1,8–2,0%.

Полевой опыт был заложен в трех полях (2006–2011 гг.) в зернотравяном севообороте со следующим чередованием культур: пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – озимое тритикале + клевер – клевер луговой 1 года – яровая пшеница – яровой рапс.

Схемой опыта предусматривалось внесение различных доз азота на фоне трех уровней фосфорно-калийного питания: 1 – питание растений за счет почвенного плодородия, 2 – внесение РК, в расчете на дефицитный баланс фосфора и калия в почве, 3 – внесение РК в дозах, рассчитанных на поддерживающий баланс данных элементов. Органические удобрения в виде подстилочного навоза КРС вносили фоном в дозе 40 т/га под пелюшко-овсяную смесь. Минеральные удобрения (мочевина, аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой культиватором.

Общая площадь делянки в опыте – 69 м² (11,5 x 6 м), учетная – 45 м² (10 x 4,5 м), повторность вариантов – 4-кратная.

Расчет общего (хозяйственного) выноса элементов питания (B_x , кг/га) проводили по формуле:

$$B_x = Y_{co} C_o + Y_{cp} C_p,$$

где Y_{co} и Y_{cp} – урожайность сухого вещества основной и побочной продукции, ц/га; C_o и C_p – содержание элемента питания в сухом веществе основной и побочной продукции, %.

Удельный вынос (B_y , кг) (с 10 ц к.ед. основной и соответствующим количеством побочной продукции) рассчитывали по формуле:

$$B_y = B_x * 10 / Y,$$

где Y – продуктивность севооборота, ц к.ед.

Расчет хозяйственного баланса (B_{NPK}) элементов питания определяли как разность между суммами приходной и расходной статей, что выражается формулой:

$$B_{NPK} = (P_{му} + P_{оу} + P_o + P_c + P_b + P_n) - (P_{вын} + P_{выщ} + P_{эр} + P_э),$$

где $P_{му}$ – приход с минеральными удобрениями, кг/га; $P_{оу}$ – приход с органическими удобрениями, кг/га; P_o – приход с осадками, кг/га; P_c – приход с семенами, кг/га; P_b – биологический азот, фиксированный бобовыми культурами, кг/га; P_n – несимбиотически фиксированный азот, кг/га; $P_{вын}$ – вынос элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га; $P_{выщ}$ – потери от выщелачивания (вымывания), кг/га; $P_{эр}$ – потери от эрозии почв, кг/га; $P_э$ – газообразные потери азота, кг/га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее высокие значения хозяйственного выноса отмечены в отношении калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и магний (табл. 1).

Наименьшие в опыте показатели общего выноса по всем элементам питания были характерны для варианта без удобрений, наибольшие – для варианта с внесением самых высоких доз минеральных удобрений ($N_{440}P_{280}K_{580}$).

Вынос азота за ротацию севооборота в варианте без использования удобрений составил 591 кг/га (табл. 1). Внесение азотных удобрений способствовало не только росту урожайности, но и увеличивало содержание данного элемента в сухой массе растений. Поэтому с увеличением доз вносимого азота закономерно увеличивался и вынос этого элемента. В варианте с внесением N_{440} данный показатель достигал 1042 кг/га, что в 1,8 раза выше, чем в контрольном варианте.

Общий вынос фосфора за ротацию севооборота был более чем в 2 раза ниже, чем вынос азота и составлял в зависимости от варианта опыта 234–391 кг/га.

Поскольку внесение фосфорных удобрений в условиях высокой обеспеченности почвы фосфатами не оказывало существенного влияния на содержание данного элемента в растительной продукции, то увеличение общего выноса фосфора происходило в первую очередь с ростом урожайности основной и побочной продукции культур севооборота. Внесение органических и минеральных удобрений в зернотравяном севообороте приводило к увеличению выноса фосфора на 20–67% в сравнении с контрольным вариантом.

Вынос калия изменялся от 611 кг/га в контрольном варианте до 1408 кг/га в варианте с внесением $N_{440}P_{280}K_{580}$.

За счет внесения в севообороте органических удобрений общий вынос калия увеличился на 195 кг/га. Закономерное увеличение выноса K_2O наблюдалось при повышении доз калийных и азотных удобрений, поскольку повышалась продуктивность культур севооборота и поглощение растениями калия. В вариантах с внесением $N_{110-330}P_{140}K_{290}$ вынос калия составил 1146–1195 кг/га, в вариантах $N_{110-330}P_{280}K_{580}$ – 1266–1355 кг/га. В варианте с наибольшими в опыте дозами азотных и калийных удобрений ($N_{440}P_{280}K_{580}$) вынос калия по отношению к контрольному варианту увеличился на 130%.

Общий вынос растениями кальция в сумме за севооборот составил 214–304 кг/га, магния – 125–164 кг/га. Поскольку содержание кальция и магния в основной и побочной продукции культур севооборота не зависело от системы удобрения, то увеличение показателей выноса данных элементов было обусловлено в первую очередь ростом продуктивности культур севооборота.

Таким образом, с повышением доз удобрений и соответственно с ростом урожайности культур севооборота общий вынос питательных веществ из почвы увеличивался. Более стабильным показателем является удельный вынос основных элементов питания, однако и он может изменяться в определенных пределах в зависимости от доз минеральных удобрений, сорта возделываемой культуры, погодных условий и других факторов.

Таблица 1

Вынос элементов питания за ротацию зерноотравного севооборота

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/10 ц к.ед.					Продуктивность, ц/га к.ед.
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Без удобрений	591	234	611	214	125	17,2	6,8	17,8	6,2	3,6	343
Навоз, 40 т – фон 1	715	281	806	259	144	17,4	6,9	19,7	6,3	3,5	410
Фон 1 + N ₁₁₀	768	299	907	264	141	17,9	7,0	21,1	6,1	3,3	430
Фон 1 + N ₂₂₀	829	322	968	275	150	18,6	7,2	21,7	6,2	3,4	446
Фон 1 + N ₃₃₀	861	327	965	282	149	19,1	7,3	21,4	6,3	3,3	451
Фон 1 + N ₂₂₀ P ₁₄₀	853	328	954	280	158	18,7	7,2	20,9	6,1	3,5	457
Фон 1 + N ₂₂₀ K ₂₉₀	821	316	1079	253	140	17,7	6,8	23,3	5,5	3,0	463
Фон 1 + P ₁₄₀ K ₂₉₀ – фон 2	797	314	1103	263	146	16,7	6,6	23,1	5,5	3,1	478
Фон 2 + N ₁₁₀	842	332	1146	264	149	17,2	6,8	23,4	5,4	3,0	489
Фон 2 + N ₂₂₀	887	345	1177	276	152	17,7	6,9	23,5	5,5	3,0	501
Фон 2 + N ₃₃₀	931	355	1195	296	155	18,5	7,1	23,8	5,9	3,1	503
Фон 1 + P ₂₈₀ K ₅₈₀ – фон 3	854	335	1233	276	147	16,5	6,5	23,8	5,3	2,8	517
Фон 3 + N ₁₁₀	896	355	1266	281	152	16,9	6,7	23,9	5,3	2,9	530
Фон 3 + N ₂₂₀	946	376	1326	290	156	17,5	7,0	24,6	5,4	2,9	540
Фон 3 + N ₃₃₀	986	385	1355	295	158	18,5	7,2	25,4	5,5	3,0	534
Фон 3 + N ₃₃₀	1005	387	1378	296	159	18,5	7,1	25,3	5,4	2,9	544
Фон 3 + N ₄₄₀	1042	391	1408	304	164	19,3	7,2	26,0	5,6	3,0	541

2. Плодородие почв и применение удобрений

Исследования, проведенные на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зернотравяном севообороте, показывают, что удельный вынос питательных веществ изменялся в различной степени в зависимости от доз и соотношений вносимых удобрений.

Удельный вынос азота изменялся по вариантам опыта от 16,5 до 19,3 кг. Внесение азотных удобрений увеличивало на 0,4–0,5 кг (в зависимости от фона) затраты данного элемента на формирование 10 ц к.ед. основной и соответствующего количества побочной продукции культур севооборота. Повышение доз азотных удобрений с 110 до 330 кг в сумме за ротацию севооборота приводило к увеличению удельного выноса азота на 1,2–1,6 кг (в зависимости от фона). Обращает на себя внимание тот факт, что удельный вынос азота на фоне органических удобрений несколько выше (17,9–19,1 кг), чем на фосфорно-калийных фонах (16,9–18,5 кг). Кроме того, можно отметить, что при внесении азота на фоне фосфорных удобрений ($N_{220}P_{140}$) затраты данного элемента на формирование 10 ц к.ед. основной и соответствующего количества побочной продукции культур севооборота на 1 кг выше, чем при внесении азота на фоне калийных удобрений ($N_{220}K_{290}$).

Затраты фосфора на формирование 10 ц к.ед. продукции культур севооборота ниже, чем затраты калия и азота и изменялись по вариантам опыта в меньших пределах (6,5–7,3 кг). При этом при внесении фосфорных удобрений значения удельного выноса имеют тенденцию к снижению на 0,3–0,4 кг (в зависимости от фона). В то же время внесение азотных удобрений приводило к некоторому повышению удельного выноса фосфора.

Наибольшими величинами в зернотравяном севообороте характеризуется удельный вынос калия. В варианте без удобрений этот показатель составил 17,8 кг, в варианте с внесением $N_{440}P_{280}K_{580}$ – 26,0 кг. Таким образом, затраты калия на формирование 10 ц к.ед. продукции культур севооборота увеличиваются с повышением доз калийных и азотных удобрений.

Удельный вынос кальция и магния изменялся в нешироких пределах – 5,3–6,3 и 2,8–3,6 кг соответственно и имел тенденцию к снижению с повышением доз минеральных удобрений.

Расчет среднегодового баланса элементов питания в зернотравяном севообороте показал, что расход основных питательных элементов, за исключением фосфора, в вариантах с внесением за ротацию 280 кг д.в./га превышал их поступление (табл. 2).

Баланс азота в среднем за годы исследований был отрицательным и изменялся в пределах от –4,8 до –46,2 кг/га при интенсивности баланса 66,8–97,9% (табл. 2). Необходимо отметить, что оптимальные параметры интенсивности баланса азота, предложенные Институтом почвоведения и агрохимии [4], при продуктивности, полученной в нашем опыте, должны составлять более 130%.

Таким образом, внесение азотных удобрений и возделывание в севообороте клевера лугового полностью не компенсировало вынос данного элемента культурами севооборота. Наименьшая разница между приходом и расходом азота (–4,8 кг/га) наблюдалась в варианте с внесением за ротацию севооборота 330 кг д.в./га азота на фоне органических удобрений, интенсивность баланса при этом составила 97,9%. Наибольший дефицит азота (–26,8 – –46,2 кг/га) был в вариантах без внесения азотных удобрений.

Таблица 2

**Среднегодовой баланс и интенсивность баланса элементов питания
в зерноотравном севообороте**

Вариант	Баланс элементов питания, кг/га						Интенсивность баланса, %					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Без удобрений	-46,2	-46,8	-128,0	-83,9	-34,3		66,8	3,7	8,5	23,4	12,8	
Навоз – 40 т – фон 1	-27,0	-36,1	-118,9	-60,6	-29,1		84,5	37,7	33,5	49,0	32,3	
Фон 1 + N ₁₁₀	-20,5	-39,5	-139,5	-61,0	-28,2		89,4	35,6	30,0	48,9	32,9	
Фон 1 + N ₂₂₀	-14,0	-44,1	-151,4	-63,1	-30,1		93,3	33,1	28,3	48,0	31,5	
Фон 1 + N ₃₃₀	-4,8	-44,7	-150,4	-64,5	-29,8		97,9	32,8	28,5	47,5	31,7	
Фон 1 + N ₂₂₀ P ₁₄₀	-15,9	-15,3	-148,0	-64,6	-32,0		92,6	77,3	28,8	47,3	30,2	
Фон 1 + N ₂₂₀ K ₂₉₀	-7,5	-42,8	-110,8	-58,6	-27,9		96,3	33,8	53,0	49,7	33,1	
Фон 1 + P ₁₄₀ K ₂₉₀ – фон 2	-26,8	-12,8	-120,5	-61,7	-29,5		85,9	80,3	50,4	48,8	31,9	
Фон 2 + N ₁₁₀	-20,9	-16,0	-128,4	-61,3	-29,9		89,8	76,4	48,8	48,6	31,6	
Фон 2 + N ₂₂₀	-12,7	-18,7	-134,6	-63,8	-30,5		94,3	73,5	47,7	47,7	31,2	
Фон 2 + N ₃₃₀	-6,3	-20,5	-136,3	-67,4	-31,2		97,4	71,7	47,3	46,3	30,7	
Фон 1 + P ₂₈₀ K ₅₈₀ – фон 3	-29,3	12,9	-85,7	-64,0	-29,7		85,6	119,1	69,0	47,7	31,8	
Фон 3 + N ₁₁₀	-22,3	8,9	-92,0	-64,9	-30,6		89,7	112,2	67,0	47,2	31,1	
Фон 3 + N ₂₂₀	-15,0	5,0	-103,0	-66,6	-31,4		93,5	106,6	64,3	46,6	30,5	
Фон 3 + N ₃₃₀	-10,9	3,7	-107,3	-67,2	-31,5		95,6	104,8	63,3	46,4	30,5	
Фон 3 + N ₃₃₀	-12,8	2,8	-113,2	-67,9	-32,2		94,9	103,5	62,1	46,3	30,1	
Фон 3 + N ₄₄₀	-7,6	1,8	-117,9	-68,9	-33,0		97,1	102,3	61,0	45,8	29,6	

2. Плодородие почв и применение удобрений

Баланс фосфора изменялся в зависимости от доз фосфорных удобрений. В вариантах, где фосфорные удобрения не вносили, он был отрицательным и составил $-36,1 - -46,8$ кг/га при его интенсивности 3,7–37,7%. При внесении 140 кг/га д.в. фосфора его баланс также был отрицательным и изменялся в пределах от $-12,8$ до $-20,5$ кг/га. Интенсивность баланса в данном случае повышалась до 71,7–80,3% и была близка к оптимальной, которая для почв с высокой обеспеченностью фосфором составляет 50–70%. Варианты опыта с внесением 280 кг/га фосфора характеризовались положительным балансом данного элемента (1,8–12,9 кг/га) при интенсивности 102,3–119,1%.

Расчет среднегодового баланса калия в опыте показал, что потребление растениями данного элемента превышало его поступление в почву на 85,7–151,4 кг/га. В вариантах, где калий не вносили, его баланс составил $-118,9 - -151,4$ кг/га. При внесении за ротацию севооборота 290 кг/га д.в. калия баланс данного элемента был $-110,8 - -136,3$ кг/га. Внесение 580 кг/га д.в. калия также не было достаточным для обеспечения положительного баланса, в данном случае он изменялся от $-85,7$ до $-117,9$ кг/га. Интенсивность баланса калия изменялась по вариантам опыта от 8,5 до 69,0%, в то время как оптимальным при содержании в почве более 200 мг/кг почвы подвижного калия считается показатель 80–100%.

Разница между приходом и расходом кальция и магния в меньшей степени зависела от варианта опыта и для кальция составила $-58,6 - -83,9$ кг/га, для магния $-27,9 - -34,3$ кг/га при интенсивности баланса 23,4–49,7 и 12,8–33,1% соответственно.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве общий вынос элементов питания с урожаем за ротацию севооборота увеличивался с повышением доз удобрений. Наиболее значительным был вынос калия, затем в убывающем порядке идут азот, фосфор, кальций и магний. В варианте с внесением наибольшей дозы минеральных удобрений ($N_{440}P_{280}K_{580}$) вынос азота составил 1042 кг/га, фосфора – 391, калия – 1408, кальция – 304, магния – 164 кг/га. Удельный вынос в данном варианте составил: азота – 19,3, фосфора – 7,2, калия – 26,0, кальция – 5,6, магния – 3,0 кг/10 ц к.ед.

2. Расход основных элементов питания, за исключением фосфора, в вариантах с внесением за ротацию 280 кг/га превышал их поступление с удобрениями, что обусловило их отрицательный баланс. Баланс фосфора в вариантах с внесением данного элемента в дозе 280 кг/га составил 1,8–12,9 кг/га при интенсивности баланса 102,3–119,1%. Применение калийных удобрений в дозах 290 и 580 кг д.в./га за ротацию севооборота было недостаточным для компенсации полного выноса калия с урожаем растениеводческой продукции, в результате чего баланс калия составил, в зависимости от вариантов опыта, $-85,7 - -151,4$ кг/га (интенсивность – 8,5–69,0%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: уч. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2009. – 412 с.
2. Кулаковская, Т.Н. Применение удобрений / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Урожай, 1970. – 220 с.
3. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
5. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.

REMOVAL AND BALANCE OF NUTRIENTS IN GRAIN-GRASS CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

V.V. Lapa, O.G. Kulesh, M.S. Lopukh

Summary

Data of calculation of economic and specific removal of basic nutrients, and also estimation of nutrients balance for rotation grain-grass crop rotation on sod-podzolic light loamy soil are resulted and analysed.

Поступила 29.10.13

УДК 631.8:631.445.2

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

О.М. Бирюкова, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Использование преобладающих в Республике Беларусь дерново-подзолистых почв без пополнения запасов органического вещества и элементов питания существенно снижает их плодородие [1, 2]. Воспроизводство плодородия почв и рациональное использование земельных ресурсов является одним из первостепенных условий стабилизации экономики аграрного сектора.