

УДК 631.8:631.452

Н.Г. ПИЛИПЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
О.Т. АНДРЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом

*ГНУ Научно-исследовательский институт ветеринарии
Восточной Сибири Россельхозакадемии
e-mail: vetinst@mail.ru*

БАЛАНС АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Представлены результаты длительных полевых опытов по изучению влияния минеральных и органоминеральных систем удобрений на баланс азота, фосфора и калия лугово-черноземных почв Восточного Забайкалья в кормовом севообороте. Установлено, что на пахотных глубокопромерзающих лугово-черноземных почвах устойчивый положительный баланс основных элементов питания при возделывании кормовых культур в севообороте обеспечила органоминеральная система удобрений с нормой внесения за ротацию 80 т навоза + $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг действующего вещества. При данной системе удобрений на обогащение почвы пошло 399 кг азота, 211 – фосфора и 142 кг калия. Рекомендованная система удобрений обеспечила увеличение продуктивности севооборота на 36,5 %, способствовала повышению органического вещества в пахотном горизонте за 10 лет исследований на 0,11 %. Без внесения органических удобрений ни одна из изученных минеральных систем удобрений не обеспечивала бездефицитного баланса по азоту и калию. В варианте без удобрений дефицит основных элементов питания составил 280 кг азота, 90 – фосфора и 381 кг калия.

Ключевые слова: почвы Забайкалья, кормовой севооборот, системы удобрений, продуктивность культур, питательные вещества, азот, фосфор, калий.

Лугово-черноземные глубокопромерзающие почвы в Восточном Забайкалье встречаются на площади 450 тыс. га и занимают хорошо дренированные увалистые равнины межгорных котловин. Эти почвы по уровню потенциального плодородия – одни из лучших в Забайкалье. При их использовании следует учитывать специфику термического режима и связанную с этим слабую биологическую активность, сдерживающую темпы разложения органического вещества и, следовательно, поступление в почву легкодоступных форм веществ для растений. Для повышения потенциального плодородия лугово-черноземных почв необходимо внесение стимуляторов биологической активности и проведение других мероприятий, способствующих лучшему прогреванию почвы. Наиболее мощными стимуляторами биологической активности являются минеральные и органические удобрения [1].

Установлено, что в полевых условиях усвоение растениями питательных веществ варьирует в широких пределах и зависит от дозы и формы минеральных удобрений, соотношения питательных элементов, водно-воздушного режима почвы и других условий [2]. В связи с этим важно изучение основных закономерностей взаимодействия почв, удобрений и растений, позволяющих раскрыть пути повышения эффективности применения удобрений [3–5].

В современных условиях развития сельскохозяйственного производства на почвах Забайкальского края сложился устойчивый отрицательный баланс основных питательных веществ, что стало одной из ведущих причин резкого снижения продуктивности пашни. Решать ее необходимо путем применения как промышленных туков, так и местных органических

средств. Большая часть площади пашни – более 258, 5 тыс. га, или 60 %, характеризуется низким содержанием подвижных форм фосфора (20–50 мг/кг), 115,0 тыс. га, или 27 %, средним показателем (50–100 мг/кг) и только 53,3 тыс. га, или 12,9 %, пахотных земель содержат достаточное количество фосфора и обеспечивают растения этим элементом. Большая часть пахотных земель нуждается в ежегодном внесении полной дозы фосфорных удобрений, и лишь на незначительную площадь пашни (12,9 %) следует вносить фосфорные удобрения в небольших (стартовых) припосевных дозах. Пахотные почвы в Забайкальском крае далеки от оптимальных показателей азотного питания и нуждаются в разной степени в азотных удобрениях [6, 7].

Цель исследования – изучить влияние минеральных и органоминеральных систем удобрений на баланс азота, фосфора и калия лугово-черноземных почв в кормовом севообороте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многолетние исследования проведены на полях Забайкальского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенных в Ингодино-Читинской лесостепи. В кормовом севообороте (пар – корнеплоды – кукурузо-подсолнечниковая смесь – рапс яровой – горохоовсяная смесь) изучали системы удобрений при разных уровнях минерального питания и распределения их в полях севооборота. За ротацию пятипольного севооборота вносили $N_{120}P_{90}K_{90}$ и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг/га д.в. в чистом виде и по фону 40–80 т/га навоза. Навоз запахивали только в паровое поле, фосфорные и калийные удобрения вносили в запас или дробно, азотные – равными нормами по N_{30} и N_{60} кг/га д.в. под каждую культуру севооборота.

Климат зоны резко континентальный. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Сумма положительных температур выше 10 °С составляет 1500–1800°. Годовая сумма осадков 330–380 мм, основное их количество (85–90 %) выпадает в теплый период, максимальное – в июле – августе. Атмосферные осадки за годы первой ротации в пределах годовой нормы выпали только в 1982 г., в остальные превышали ее на 40,6–158,7 мм, или 14–53 %. Гидротермические коэффициенты (ГТК) вегетационных периодов 1981–1985 гг. равнялись соответственно 1,4; 1,2; 2,7; 1,3 и 1,7. Согласно ГТК все периоды первой ротации можно считать влажными, кроме 1983 г., который характеризовался как избыточно увлажненный.

Годы второй ротации севооборота существенно различались по количеству выпавших осадков. В первые 2 года их выпало меньше нормы на 31,3–42,3 мм, или 11–14 %, а 1988 и 1990 гг. превысили количество осадков на 152,7–202,3 мм, или 51–67 %. Гидротермические коэффициенты вегетационных периодов за 1986–1990 гг. составили соответственно 0,9; 0,8; 2,1; 1,6 и 1,6. Согласно этим коэффициентам 1986 и 1987 гг. можно характеризовать как засушливые, а остальные – влажные.

Характерная особенность для всех лет исследований – неравномерность распределения осадков по месяцам вегетационного периода. От общего количества за этот период (331 и 357 мм в среднем по годам) на

апрель – май приходилось лишь 5–10 %, на летние месяцы – 75–82, сентябрь – 13–15 %.

Почва опытного участка (лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав – легкий суглинок) сформирована в юго-западной части Ингодино-Читинской котловины. Объемная масса пахотного слоя равна 1,13 г/см³. Влажность устойчивого завядания 5,5–6,4 %. Наименьшая влагоемкость почвы полуметрового слоя – 106,1 мм общей влаги и 70,7 мм – продуктивной. По реакции почвенного раствора пахотный горизонт является слабокислым, подпахотный – нейтральным. Содержание органического вещества в слое 0–20 см – 3,67 %, общего азота – 0,31 %. Содержание подвижного фосфора низкое, обменного калия среднее.

Общая площадь делянки 100 м², повторность опыта четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное, форма делянки прямоугольная.

Кормовые культуры в севообороте возделывали по общепринятой в зоне агротехнике.

Навоз, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий применяли под основную обработку почвы, аммиачную селитру – под предпосевную культивацию, часть фосфорных удобрений вносили в период посева с семенами в рядки. Минеральные туки по своему химическому составу соответствовали ГОСТу (N – 34 %; P₂O₅ – 46 %; K₂O – 60 %). В полуперепревшем навозе от крупного рогатого скота в среднем за 1982–1990 гг. содержалось 0,85 % N, 0,36 % P₂O₅ и 0,8 % K₂O.

В опыте использовали районированные сорта и гибриды кормовых культур: кукурузу Жеребковская 86МВ, подсолнечник Передовик, овес Золотой дождь, рапс Носовский-9, турнепс Московский, горох рядовой. Кукурузо-подсолнечниковую смесь высевали в III декаде мая с нормой посева кукурузы – 75 тыс. всхожих зерен/га, подсолнечника – 177 тыс. Турнепс сеяли во II декаде июня с нормой 785 тыс. всхожих семян/га. Посев рапса и горохоовсяной смеси осуществляли в конце III декады июня с нормой рапса 4 млн всхожих семян/га, гороха – 1,1 млн, овса – 2,5 млн всхожих зерен/га.

Наблюдения и учеты выполнены общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами. При изучении почвенно-гидрологических констант (гранулометрический состав, максимальная гидроскопичность, влажность завядания, наименьшая полевая влагоемкость, общая скважность, удельная и объемная масса почвы) руководствовались методиками, предложенными в справочнике «Агрогидрологические свойства почвы Забайкалья» [8]. Влажность почвы определяли по 10-сантиметровым слоям до глубины 50 см термостатно-весовым методом. Определение содержания органического вещества и общего азота проведено методом Тюрина, суммы поглощенных оснований – по Каппену, нитратного азота в почве – ионометрическим экспресс-методом, подвижного фосфора и обменного калия – по Чирикову в 0,5 н. уксусно-кислой вытяжке.

Для характеристики качества полученной продукции в растительных образцах определяли содержание гигровлаги и золы весовым методом, азота – по Кьельдалю с последующим пересчетом на сырой протеин через коэффициент 6,25, фосфора – ванадомолибдатным методом, калия – на

пламенном фотометре, кальция – фотометрически, жира – по Попандопуло, клетчатки – методом Кюршнера и Ганека в модификации Коган.

Для расчета кормовых единиц и переваримого протеина пользовались методикой А.Д. Пшеничного [9], коэффициенты переваримости кормов брали по справочнику М.Ф. Томмэ [10].

Вынос питательных веществ из почвы урожаем определяли расчетным путем по методике Л.М. Державина, Р.Н. Поповой [11]. Баланс азота, фосфора и калия рассчитывали по выносу основных элементов питания с урожаем и поступлением их с удобрениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Главными статьями баланса элементов питания является их вынос с урожаем и поступление с органическими и минеральными удобрениями. В литературных источниках указывается, что для получения высоких урожаев необходимо возвращать в почву 80–90 % азота, свыше 100 – фосфора, около 70 % калия по отношению к выносу этих элементов урожаями. Считается возможным иметь дефицит азота 13–14 кг/га, калия 20–22 кг/га, содержание фосфора в почве рекомендуется поддерживать без дефицита [3].

Баланс питательных веществ зависит от уровня применения удобрений и уровня урожайности. При низком уровне химизации, когда в почву вносится мало удобрений, урожай формируется за счет запасов питательных веществ почвы и баланс по азоту, калию, в меньшей степени фосфору складывается отрицательно. Уровень урожайности определяется эффективным плодородием почвы. При применении высоких доз удобрений урожайность культур возрастает, увеличивается и вынос питательных веществ урожаем. Однако его формирование происходит в большей степени за счет внесенных удобрений, поэтому дефицит питательных веществ при расчете баланса значительно снижается, а по фосфору во многих случаях бывает положительным [4, 5]. Эти закономерности прослеживаются и в наших исследованиях на лугово-черноземной почве, бедной по содержанию подвижных форм фосфора и средних – обменного калия, где установлена зависимость степени влияния удобрений на растения и почву от их нормы внесения и соотношения (см. таблицу).

Баланс элементов питания при различных системах удобрений в кормовом севообороте за 10 лет

Вариант	Внесение элементов питания, кг/га			Биомасса сухого вещества, т/га	Отчуждено полем, кг/га			Баланс (±)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без удобрений)	–	–	–	14,51	279,7	90,4	380,8	–279,7	–90,4	–380,8
NPK	120	90	90	18,88	417,1	138,0	516,7	–297,1	–48,0	–426,7
NPK + навоз	120	90	90	19,81	432,6	152,5	564,6	+27,4	+81,5	–154,6
	340	144	320							
NPK	240	180	180	21,61	496,6	172,1	627,0	–256,6	+7,9	–447,0
NPK + навоз	240	180	180	22,20	521,2	180,7	678,5	+398,8	+210,5	+141,5
	680	288	640							

На неудобренном фоне с продуктивностью севооборотной площади 14,51 т биомассы сухого вещества дефицит по азоту составил 279,7 кг/га, фосфору – 90,4, калию – 380,8 кг/га.

Применение минеральной системы удобрений с нормой внесения за ротацию $N_{120}P_{90}K_{90}$ повысило продуктивность культур севооборота по отношению к неудобренному фону на 30,1 %, но при этом увеличило недостаток азота на 6,2 и калия на 12,0 %. Дефицит по фосфору снизился в 1,9 раза.

Двойная норма минеральных удобрений ($N_{240}P_{180}K_{180}$) повысила продуктивность севооборота на 48,9 %, снизила дефицит азота на 8,3 и увеличила дефицит калия на 17,4 %. При этом баланс по фосфору стал положительным.

Применение навозно-минеральной системы удобрений с нормой внесения за ротацию навоза 40 т + $N_{120}P_{90}K_{90}$ увеличило продуктивность культур на 36,5 %, дефицит по калию снизился в 2,5 раза. Вынос элементов питания с урожаем по азоту и фосфору не превышал норму внесенных удобрений.

Двойная норма навозно-минеральной системы удобрений (навоз 80 т + $N_{240}P_{180}K_{180}$) повысила продуктивность севооборота на 53,0 %, обеспечила положительный баланс по всем основным элементам питания. На обогащение почвы пошло 398,8 кг азота, 210,5 – фосфора и 141,5 кг калия [7].

Рекомендованная система удобрений обеспечила увеличение продуктивности севооборота на 36,5 %, способствовала повышению органического вещества в пахотном горизонте за 10 лет исследований на 0,11 %.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепной зоны Забайкальского края на пахотных глубокопромерзающих лугово-черноземных почвах устойчивый положительный баланс основных элементов питания при возделывании кормовых культур в севообороте обеспечила органо-минеральная система удобрений с нормой внесения за ротацию 80 т навоза + $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д.в.

2. Внесение удобрений в норме 40 т навоза + $N_{120}P_{90}K_{90}$ д.в. обеспечило положительный баланс по фосфору и азоту, за исключением калия.

3. Минеральные системы удобрений в норме $N_{240}P_{180}K_{180}$ дали положительный баланс по фосфору и значительно снизили дефицит азота и калия в почве.

4. В хозяйствах лесостепной зоны Забайкальского края при возделывании кормовых культур в севообороте на пахотных глубокопромерзающих лугово-черноземных почвах наиболее эффективно использование органо-минеральных систем удобрений с нормой внесения за ротацию навоза 40 т + $N_{120}P_{90}K_{90}$.

5. Удобрения в полях севооборота необходимо вносить в норме 40 т/га навоза в паровое поле, $P_{45}K_{50}$ – под турнепс, K_{40} – под рапс, в 3, 4 и 5-м полях – P_{15} с семенами в рядки; азотные – равными нормами по N_{30} под каждую культуру севооборота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Важенин И.Г., Важенина Е.А.** Агрохимическая характеристика почв СССР (Восточная Сибирь). – М.: Наука, 1969. – 210 с.
2. **Кулюковская Т.Н.** Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.
3. **Шапошникова И.М., Ермоленко В.П.** Эффективность удобрений в кормовом севообороте // Агрохимия. – 1986. – № 8. – С. 38–42.
4. **Кочетков В.П.** Несколько данных из иностранной практики к построению систем удобрений в севообороте // Удобрения в севообороте. – М.: Сельхозгиз, 1936. – С. 20–35.
5. **Майборода Н.М.** Определение потребности растений севооборотов в удобрениях // Труды ВИАУ. – 1975. – Вып. 24. – С. 205–209.
6. **Пилипенко Н.Г., Убугунов Л.Л.** Эффективность систем удобрений в кормовом севообороте на лугово-черноземных почвах Забайкалья. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. – 138 с.
7. **Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т., Акулова И.А.** Состояние и пути совершенствования земледелия Забайкальского края. – Чита, 2013. – 68 с.
8. **Агрогидрологические свойства почв Забайкалья.** – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 266 с.
9. **Дмитроченко А.Д., Пшеничный П.Д.** Кормление сельскохозяйственных животных. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 149 с.
10. **Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных** / под ред. М.Ф. Томмэ. – М., 1969.
11. **Державин Л.М., Попова Р.Н. и др.** Методика разработки нормативов выноса и коэффициентов использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из минеральных удобрений и почвы. – М., 1985. – С. 13–14.

Поступила в редакцию 16.07.2014

**N.G. PILIPENKO, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher,
O.T. ANDREYEVA, Candidate of Science in Agriculture, Department Head**

*Scientific Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia,
Russian Academy of Agricultural Sciences
e-mail: vetinst@mail.ru*

**THE BALANCE OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM
IN MEADOW-CHERNOZEM SOILS OF TRANSBAIKALIA
IN FODDER CROP ROTATION**

Results are given from long-term field experiments on studying the effect of mineral and organic-mineral fertilizer systems on the balance of nitrogen, phosphorus and potassium in meadow-chernozem soils of Eastern Transbaikalia in a fodder crop rotation. It has been found that the positive balance of key nutrient elements in arable deep-frozen meadow-chernozem soils for cultivating fodder crops in a rotation was provided by an organic-mineral fertilizer system with the application rate of 80 tonnes of manure for a rotation + N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ kg of active ingredient. With this fertilizer system, the soil was enriched by 399 kg of nitrogen, 211 kg of phosphorus and 142 kg of potassium. The recommended fertilizer system provided the increase in crop rotation productivity by 36.5%, contributed to increased organic matter in the topsoil by 0.11% for ten years of experiments. Without manure application, none of the mineral fertilizer systems studied provided the deficit-free balance of nitrogen and potassium. In the variant without fertilizers, the deficit of key elements made up 280 kg of nitrogen, 90 kg of phosphorus and 381 kg of potassium.

Keywords: soils, Transbaikalia, fodder crop rotation, fertilizer systems, crop productivity, nutrient elements, nitrogen, phosphorus, potassium.
