

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ
И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА
НА ГЛУБОКОПРОМЕРЗАЮЩЕЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ
ПОЧВЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ**

© 2019 г. Н. Г. Пилипенко¹, *, О. Т. Андреева¹

¹Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН,
Россия, 672010, Чита, ул. Кирова, 49

*e-mail: vetinst@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2018 г.

После доработки 28.09.2018 г.

Принята к публикации 28.11.2018 г.

Получены экспериментальные данные по изменению содержания органического вещества, количественным изменениям пищевого режима почвы и продуктивности кормового севооборота. Представлены результаты многолетних исследований по влиянию разных уровней минерального и органо-минерального питания растений (контроль – без удобрений; N₁₂₀P₉₀K₉₀; навоз 40 т N₁₂₀P₉₀K₉₀; N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀; навоз 80 т N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀) в кормовом севообороте (пар – турнепс – кукурузо-подсолнечниковая смесь – рапс яровой – горохо-овсяная смесь), проведенных в научно-исследовательском институте ветеринарии Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН в период с 1995 по 2005 гг. Установлено, что внесение органо-минеральных удобрений в норму за ротацию кормового севооборота навоза 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. обеспечило наибольшее увеличение содержания нитратов в слое 0–20 см на 10–28, подвижного фосфора на 21–47, обменного калия на 12–57 мг/1 кг почвы; органического вещества за первую ротацию на 0.08%, за вторую – на 0.09%, за две – на 0.17%. Продуктивность кормового севооборота за первую ротацию увеличилась на 55.4–98.8, за вторую – на 58.4–120.6%.

Ключевые слова: Забайкальский край, лугово-черноземная почва, кормовой севооборот, системы удобрений, нитраты, подвижный фосфор, обменный калий, органическое вещество, продуктивность

DOI: 10.1134/S0032180X19050095

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных задач земледелия Забайкальского края является повышение плодородия почвы и продуктивности кормовых культур. Большая часть продукции кормовых культур поступает с пашни. В фонде пахотных угодий региона широко распространены глубокопромерзающие и мерзлотные лугово-черноземные почвы [3, 15]. В агрономическом отношении лугово-черноземные глубокопромерзающие почвы являются наиболее ценными, обладают относительно стабильным режимом почвенной влажности и в меньшей степени подвержены воздействию весенне-раннелетних засух. В Восточном Забайкалье они встречаются на площади более 450 тыс. га и занимают хорошо дренированные увалистые равнины межгорных котловин. Почвенно-климатические условия формирования и развития глубокопромерзающих лугово-черноземных почв Забайкальского края обуслав-

ливает незначительный уровень их эффективного плодородия. При использовании этих почв следует учитывать специфику термического режима и связанную с этим слабую биологическую активность, сдерживающую темп разложения органического вещества [16]. Лугово-черноземные почвы являются полугидроморфными аналогами черноземов. Гранулометрический состав этих почв чаще суглинистый, почвы характеризуются выраженной скелетностью. Реакция в верхней части профиля нейтральная или слабोकислая, в нижних горизонтах щелочная. Почвы насыщены основаниями по всему профилю. Содержание органического вещества в пахотном горизонте находится в пределах от 3 до 4%, с глубиной оно резко уменьшается. Подвижного фосфора в них недостаточно, обеспеченность обменным калием находится на среднем уровне, количество усвояемого азота сильно меняется в течение вегетационного периода [4, 6, 18].

В настоящее время основная часть лугово-черноземных почв распахана, находится в длительном использовании и нуждается в повышении плодородия. Основным же способом улучшения плодородия данных почв и продуктивности кормовых культур является применение минеральных и органических удобрений [16].

По данным стационарных опытов, проведенных в различных регионах Сибири, систематическое применение удобрений на всех типах почв позволяет существенно увеличить урожайность всех сельскохозяйственных культур, общий выход продукции за севооборот и на 1 га севооборотной площади, регулировать потенциальное и эффективное плодородие почвы [5, 9, 10, 17, 20, 21].

На глубокопромерзающих холодных почвах получение высоких урожаев кормовых культур без применения удобрений невозможно из-за невысокого естественного плодородия, низкой микробиологической активности, короткого вегетационного периода и пониженных температур. В условиях низкой теплообеспеченности урожай можно получать при ежегодном внесении высоких доз удобрений, так как в холодных почвах эффективность удобрений уменьшается вдвое против теплых [7].

Цель исследования — в длительных опытах изучить изменения основных показателей плодородия лугово-черноземной глубокопромерзающей почвы и продуктивности кормовых культур в севообороте в зависимости от минеральных и органо-минеральных систем удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Многолетние исследования проводились в 1995–2005 гг. на полях, расположенных в Ингодинско-Читинской лесостепи. В кормовом севообороте (пар, корнеплоды, кукурузо-подсолнечниковая смесь, рапс яровой, горохо-овсяная смесь) изучали системы удобрений с разными уровнями минерального питания и распределением их в полях севооборота. За ротацию пятипольного севооборота вносили $N_{120}P_{90}K_{90}$ и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в. в чистом виде и по фону 40 или 80 т навоза. Навоз запахивали в первом поле севооборота, фосфорные и калийные удобрения вносили в запас или дробно, азотные — равными нормами по N_{30} и N_{60} кг д. в. под каждую культуру севооборота.

Климат зоны — резко континентальный. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Сумма положительных температур выше $10^{\circ}C$ составляет 1500–1800 $^{\circ}C$. Годовая сумма осадков — 330–380 мм [3]. Характерной особенностью для всех лет исследований являлось неравномерность распределения осадков по месяцам вегетационного периода. От общего количе-

ства выпавших осадков за апрель–сентябрь на весенний период приходилось 5–10, на летние месяцы — 75–82, сентябрь — 13–15%. Гидротермические коэффициенты вегетационных периодов (1995–2005 гг.) равнялись: 1.4, 1.2, 2.7, 1.3, 1.7, 0.9, 0.8, 2.1, 1.6 и 1.6. Согласно этим коэффициентам большая часть исследований проводилась в благоприятных погодных условиях [3].

Почва опытного участка — лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав — легкий суглинок. 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 и 70.7 мм — продуктивной влаги. По реакции почвенного раствора пахотный горизонт является слабокислым, подпахотный — нейтральным.

Для решения поставленной цели был заложен пятипольный кормовой севооборот: пар—корнеплоды—кукурузо-подсолнечниковая смесь—рапс яровой—горохо-овсяная смесь. Общая площадь делянки — 100 м², учетная — 25 м². Повторность — четырехкратная, варианты располагались рендомизированно. В схеме опыта представлено 4 варианта систем удобрений при разных уровнях минерального и органо-минерального питания (табл. 1).

Кормовые культуры в севообороте возделывали по агротехнике, рекомендованной системами земледелия для Читинской обл.

Навоз, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий применялись под основную обработку почвы, аммиачная селитра — под предпосевную культивацию, в период посева с семенами в рядки — фосфорные удобрения. Минеральные туки по своему химическому составу соответствовали ГОСТ (N — 34%; P_2O_5 — 46%; KCl — 60%). В полуперепревшем навозе от КРС в среднем содержалось 0.85% N , 0.36% P_2O_5 и 0.8% K_2O .

В опыте использовали сорта и гибриды кормовых культур: кукуруза — Краснодарская 194, подсолнечник — Енисей, овес — Метис, рапс — Шпат, турнепс — Московский, горох посевной — Батрак. Кукурузо-подсолнечниковую смесь высевали в третьей декаде мая с нормой посева кукурузы — 75, подсолнечника — 177 тыс. всхожих зерен на гектар; турнепс сеяли во второй декаде июня с нормой 785 тыс. всхожих семян на гектар; посев рапса и горохо-овсяной смеси проводили в конце третьей декады июня с нормой рапса — 4.0 млн всхожих семян, гороха — 1.1, овса — 2.5 млн всхожих зерен на гектар.

Экспериментальная работа выполнена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами

Таблица 1. Схема опыта

Вариант	Нормы удобрений в полях севооборота					Сумма за ротацию
	пар	турнепс	кукурузо-подсолнечниковая смесь	рапс яровой	горохо-овсяная смесь	
1	Контроль без удобрений					
2	—	N ₃₀ P ₄₅ K ₅₀	N ₃₀ P ₁₅	N ₃₀ P ₁₅ K ₄₀	N ₃₀ P ₁₅	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀
3	Навоз 40	N ₃₀ P ₄₅ K ₅₀	N ₃₀ P ₁₅	N ₃₀ P ₁₅ K ₄₀	N ₃₀ P ₁₅	Навоз, 40, N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀
4	—	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
5	Навоз 80	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₃₀	Навоз 80, N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀

Примечание. Навоз, т; минеральные туки, кг д. в.

и удобрениями. В исследованиях использовали апробированные методики [1, 2, 8, 11, 12, 14].

Содержание нитратов в почве определяли ионометрическим экспресс методом (ГОСТ 26951-86); фосфор и калий по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-84); органическое вещество по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91, п. 1); общий азот фотометрическим методом “индофеноловой зелени” по ЦИНАО (ГОСТ 26107-84, п. 4.2) [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние азотной обеспеченности почвы в полях севооборота оценивалось по количеству продуцируемых нитратов, содержание которых в большей степени зависело от условий увлажнения и особенностей температурного режима исследуемой почвы. В условиях сухой и холодной весны микробиологические процессы протекали замедленно, и количество нитратов в пахотном горизонте на вариантах без удобрений составляло в основном от 17 до 30 мг/кг почвы во всех полях севооборота. Наибольшая активность микробиологической деятельности в почве наблюдалась во второй половине лета, когда период наиболее высоких температур воздуха совпадал с периодом наибольшего выпадения осадков. Содержание нитратов достигало 59–81 мг/кг почвы (табл. 2).

По основным фазам развития растений удобрения фоны по количеству нитратов превышали варианты без удобрений, но при этом их содержание оставалось сравнительно небольшим. В среднем за вегетационный период эта разница в полях севооборота составила: в паровом поле от 8 до 10 мг/кг почвы; в посевах турнепса от 7 до 28; кукурузо-подсолнечниковой смеси от 13 до 28; рапса ярового от 6 до 17; горохо-овсяной смеси от 6 до 14 мг/кг почвы. Наибольшее количество продуцируемых нитратов (30–50 мг/кг почвы) отмечено на 5 варианте с внесением за ротацию навоза 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. Изменения данного по-

казателя от внесения удобрений установлены и в подпахотном горизонте, но с пониженным уровнем содержания.

Во всех полях севооборота достаточно четко проявляется положительное действие и последствие минеральных и органических удобрений на содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте почвы (табл. 3). От уровня минерального и органо-минерального питания количество P₂O₅ в среднем за вегетационный период к варианту без удобрений увеличилось: в паровом поле от 6 до 21 мг/кг почвы; посевах турнепса от 14 до 17; кукурузо-подсолнечниковой смеси от 13 до 40; рапса ярового от 13 до 27; горохо-овсяной смеси от 9 до 21 мг/кг почвы. Из удобренных вариантов наибольшее положительное влияние на повышение подвижного фосфора в почве оказывала органо-минеральная система удобрений с нормой внесения за ротацию севооборота: навоза 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. от 53 до 80 мг/кг почвы. Длительное применение удобрений по сравнению с неудобренным фоном способствовало повышению подвижных форм фосфора и в подпахотном горизонте, но с пониженным уровнем содержания.

Применение различных систем удобрений в севообороте существенно отразилось и на содержании обменного калия в пахотном слое почвы (табл. 4). От уровня минерального и органо-минерального питания превышение к неудобренному фону в среднем за вегетационный период составило: в паровом поле от 2 до 25 мг/кг почвы; посевах турнепса от 11 до 21; кукурузо-подсолнечниковой смеси от 8 до 30; рапса ярового от 6 до 15; горохо-овсяной смеси от 4 до 12 мг/кг почвы. Наибольшее накопление обменного калия в пахотном горизонте отмечено при повышенной норме органо-минеральной системы удобрений – навоза 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. При разном распределении удобрений в полях севооборота разница по содержанию подвижного фосфора в пахотном слое почвы была в пределах от 5 до 21,

Таблица 2. Динамика содержания нитратов в пахотном слое почвы под кормовыми культурами севооборота в зависимости от систем удобрений, мг/кг (в среднем за две ротации), 1995–2005 гг.

Вариант	Дата определения (число, месяц)			
	6–8.05	15–30.07	1–30.09	в среднем за вегетационный период
Пар				
1. Без удобрений	19	47	29	31
2. Без удобрений	27	48	35	36
3. Навоз, 40 т	23	57	38	39
4. Без удобрений	23	45	29	32
5. Навоз, 80 т	26	59	38	41
Турнепс				
1. Без удобрений	32	24	12	22
2. N ₃₀ P ₄₅ K ₅₀	39	38	10	29
3. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀	42	41	10	31
4. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	45	52	12	36
5. N ₆₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	50	81	20	50
Кукурузо-подсолнечниковая смесь				
1. Без удобрений	19	20	13	17
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	28	46	24	32
3. N ₃₀	27	44	22	30
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	31	63	30	41
5. N ₆₀	33	62	40	45
Рапс яровой				
1. Без удобрений	25	27	9	20
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки K ₄₀	30	38	9	26
3. N ₃₀	30	44	10	29
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки K ₈₀	35	61	16	37
5. N ₆₀	36	57	14	35
Горохо-овсяная смесь				
1. Без удобрений	17	17	14	16
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	22	28	16	22
3. N ₃₀	23	31	14	23
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	25	36	14	25
5. N ₆₀	26	43	22	30

обменного калия от 2 до 28 мг/кг почвы. Дробное внесение удобрений повышало содержание подвижного фосфора и обменного калия по сравнению с запасным от 2 до 18%. В обоих случаях максимальная разница наблюдалась при органо-минеральных системах удобрений. К концу второй ротации севооборота различия между запасным и дробным внесением удобрений по содержанию P₂O₅ и K₂O были незначительными – от 1 до 7%.

По результатам исследований установлено, что изучаемые системы удобрений неодинаково оказывали влияние на содержание органического вещества и общего азота в почве (табл. 5).

Наиболее благоприятное воздействие на органическое состояние почвы отмечено от применения органо-минеральных систем удобрений. Так, за две ротации кормового севооборота уве-

личение органического вещества в пахотном и подпахотном горизонтах почвы в сравнении с исходными показателями (2.87 и 2.67%) составило 0.07–0.17% (что в пределах ошибки опыта). Внесение только минеральных удобрений в норме N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. останавливало процесс снижения содержания органического вещества и составляло 2.88% (при исходном его содержании – 2.87%).

Наиболее интенсивно минерализация органического вещества происходила на неудобренном фоне и с внесением нормы N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в. за ротацию севооборота, где его снижение составляло 0.30%. По содержанию общего азота зависимость от систем удобрений такая же, как и по содержанию органического вещества.

Таблица 3. Динамика содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы под кормовыми культурами севооборота в зависимости от систем удобрений, мг/кг (в среднем за две ротации), 1995–2005 гг.

Вариант	Дата определения (число, месяц)			
	6–8.05	15–30.07	1–30.09	в среднем за вегетационный период
Пар				
1. Без удобрений	30	31	37	32
2. Без удобрений	34	44	43	40
3. Навоз, 40 т	39	56	58	50
4. Без удобрений	30	45	39	38
5. Навоз, 80 т	41	61	59	53
Турнепс				
1. Без удобрений	35	32	32	33
2. N ₃₀ P ₄₅ K ₅₀	43	52	45	47
3. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀	55	69	78	67
4. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	46	80	53	59
5. N ₆₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	61	97	84	80
Кукурузо-подсолнечниковая смесь				
1. Без удобрений	34	41	38	36
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	48	50	51	49
3. N ₃₀	67	67	58	64
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	68	61	62	64
5. N ₆₀	90	71	67	76
Рапс яровой				
1. Без удобрений	32	33	35	32
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки K ₄₀	44	47	44	45
3. N ₃₀	64	51	55	56
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки K ₈₀	51	55	55	53
5. N ₆₀	64	54	61	59
Горохо-овсяная смесь				
1. Без удобрений	35	34	28	32
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	42	40	41	41
3. N ₃₀	54	54	48	52
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	47	51	48	48
5. N ₆₀	52	55	54	53

С повышением плодородия почвы увеличивалась продуктивность кормового севооборота, которая также зависела от уровня минерального и органо-минерального питания (табл. 6). Так, прибавка по сбору сухого вещества кормовых культур к варианту без удобрений при внесении за I ротацию севооборота нормы минеральных удобрений N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в. составила 0.67–1.73 т/га, N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. – 0.84–2.42 т/га, органо-минеральных навоз 40 т и N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в. – 1.12–2.57 т/га, навоз 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. – 1.72–3.91 т/га. По сбору кормовых единиц соответственно уровням: 0.28–1.88; 0.46–2.54; 1.04–2.92; 1.34–3.53 т/га. По сбору переваримого протеина

соответственно уровням: 0.075–0.252; 0.109–0.306; 0.167–0.231; 0.203–0.526 т/га.

Продуктивность кормовых культур за первую ротацию севооборота при норме внесения N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в. увеличилась на 31.7–50.8%, N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. на 37.8–60.9%, навоза 40 т и N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в. на 35.2–44.8%, навоза 80 т и N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ кг д. в. на 55.4–98.8%. Такая же зависимость прослеживается и во второй ротации севооборота. Однако следует отметить, что эта зависимость в большей степени прослеживалась от органо-минеральных систем удобрений, где прибавка по сбору сухого вещества за ротацию севооборота при норме навоза 40 т и N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг д. в.

Таблица 4. Динамика содержания обменного калия в пахотном слое почвы под кормовыми культурами севооборота в зависимости от систем удобрений, мг/кг (в среднем за две ротации), 1995–2005 гг.

Вариант	Дата определения (число, месяц)			
	6–8.05	15–30.07	1–30.09	в среднем за вегетационный период
Пар				
1. Без удобрений	53	58	71	61
2. Без удобрений	56	62	78	65
3. Навоз, 40 т	53	92	90	78
4. Без удобрений	54	65	70	63
5. Навоз, 80 т	55	105	99	86
Турнепс				
1. Без удобрений	59	61	63	61
2. N ₃₀ P ₄₅ K ₅₀	70	77	69	72
3. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀	82	84	81	82
4. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₀₀	73	90	76	80
5. N ₆₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	84	130	112	108
Кукурузо-подсолнечниковая смесь				
1. Без удобрений	58	56	52	55
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	64	66	62	64
3. N ₃₀	72	78	64	71
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	70	67	55	63
5. N ₆₀	101	84	73	85
Рапс яровой				
1. Без удобрений	55	59	55	56
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки K ₄₀	60	67	64	64
3. N ₃₀	56	64	67	62
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки K ₈₀	57	78	74	69
5. N ₆₀	71	71	71	71
Горохо-овсяная смесь				
1. Без удобрений	54	54	57	55
2. N ₃₀ + P ₁₅ в рядки	56	59	60	59
3. N ₃₀	53	55	59	55
4. N ₆₀ + P ₃₀ в рядки	58	58	60	59
5. N ₆₀	71	63	67	67

Таблица 5. Влияние систем удобрений на содержание органического вещества и общего азота в кормовом севообороте (в слое 0–20 и 20–40 см), 1995–2005 гг.

Вариант	Органическое вещество, %				Общий азот, %			
	I ротация		II ротация		I ротация		II ротация	
	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40
Исходный показатель	2.87	2.67	2.87	2.67	0.28	0.22	0.28	0.22
1. Контроль (без удобрений)	2.68	2.32	2.57	1.96	0.27	0.22	0.25	0.21
2. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	2.71	2.41	2.57	2.14	0.26	0.22	0.24	0.22
3. Навоз 40, N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	2.92	2.43	2.98	2.19	0.28	0.22	0.27	0.22
N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	2.87	2.46	2.88	2.25	0.28	0.22	0.29	0.23
5. Навоз 80, N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	2.95	2.70	3.04	2.71	0.29	0.24	0.31	0.27
НСР ₀₅	0.24	0.30	0.35	0.59	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅

Таблица 6. Влияние систем удобрений на продуктивность кормовых культур в севообороте, т/га (1995–2005 гг.)

Вариант	Корнеплоды (в том числе ботва)			Кукурузо-подсолнечниковая смесь			Рапс яровой			Горохо-овсяная смесь			Сбор с севооборотной площади		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I ротация															
1	6.68	6.86	0.535	3.41	2.25	0.247	2.03	1.90	0.217	4.25	3.28	0.430	16.37	14.29	1.429
2	8.41	8.74	0.746	4.79	3.14	0.436	3.61	3.39	0.469	4.92	3.56	0.505	21.73	18.83	2.155
3	9.25	9.78	0.766	5.28	3.29	0.431	3.15	2.96	0.384	4.49	3.29	0.489	22.17	19.32	2.070
4	9.10	9.40	0.802	5.01	3.17	0.436	3.68	3.39	0.523	5.09	3.74	0.539	22.88	19.70	2.300
5	10.59	10.39	1.061	5.74	3.59	0.544	4.30	4.00	0.604	5.97	4.23	0.633	26.60	22.21	2.842
НСР ₀₅	0.40	0.40	0.037	0.27	0.17	0.025	0.17	0.16	0.023	0.37	0.27	0.039			
II ротация															
1	4.33	4.38	0.362	2.93	2.14	0.205	2.00	1.88	0.223	3.44	2.54	0.250	12.70	10.94	1.040
2	6.11	6.24	0.631	3.96	2.86	0.327	3.17	2.94	0.434	4.26	3.18	0.339	17.50	15.22	1.730
3	5.85	5.87	0.596	4.17	3.07	0.319	3.11	2.92	0.423	4.33	3.18	0.356	17.46	15.04	1.694
4	6.15	6.06	0.576	4.18	3.06	0.352	3.20	2.94	0.493	4.41	3.20	0.389	17.94	15.26	1.810
5	6.57	6.58	0.713	4.81	3.47	0.453	3.93	3.57	0.642	5.16	3.71	0.486	20.47	17.33	2.294
НСР ₀₅	0.18	0.17	0.018	0.23	0.17	0.017	0.17	0.16	0.023	0.27	0.19	0.023			

Примечание. 1 – сухое вещество, 2 – кормовые единицы, 3 – перевариваемый протеин.

составила 37,5, норме 80 т и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в. – 61,2%, по сбору кормовых единиц соответственно уровням – 37,5–58,4%, переваримого протеина – 62,9–120,6%. При разных нормах минерального питания ($N_{120}P_{90}K_{90}$ кг д. в. и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в.) прибавки получены равные (37,8–41,2; 39,1–39,5; 66,3–74,0%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение продуктивности кормового севооборота на пахотных лугово-черноземных глубокопромерзающих почвах при одновременном повышении плодородия в Восточном Забайкалье невозможно без использования органо-минеральных систем удобрений. Наибольшее влияние на изменение основных показателей плодородия почвы и продуктивности кормовых культур оказала органо-минеральная система удобрений с внесением за ротацию севооборота навоза 80 т и минеральных удобрений $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в. или на 1 га пашни навоза 16 т и $N_{48}P_{36}K_{36}$ кг д. в.

Внесение основных элементов питания с органическими и минеральными удобрениями навоза 80 т и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в. увеличило содержание нитратов в полях севооборота в среднем за вегетационный период в слое 0–20 см на 10–28, подвижного фосфора – на 21–47, обменного калия – на 12–57 мг/кг почвы.

Под действием удобрений содержание органического вещества за первую ротацию севооборота увеличилось в пахотном слое на 0,08, за вторую

ротацию на 0,09%, за две на 0,17% и, в подпахотном соответственно на 0,03 и 0,04%, за две на 0,07% (исходные показатели – 2,87 и 2,67%). Без внесения навоза минеральные удобрения в норме за ротацию севооборота $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в. поддерживали плодородие пахотного слоя почвы на исходном уровне (2,87–2,88%). В вариантах без внесения удобрений и использования за ротацию небольших норм минеральных удобрений ($N_{120}P_{90}K_{90}$ кг д. в.) содержание органического вещества уменьшилось за первую ротацию на 0,16–0,19, за вторую – на 0,11–0,14%, за две – на 0,30%.

Органо-минеральная система удобрений (навоз 80 т и $N_{240}P_{180}K_{180}$ кг д. в.) обеспечила увеличение продуктивности севооборота: за первую ротацию на 55,4–98,8%, за вторую – на 58,4–120,6%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследований почв. М.: Наука, 1966. 259 с.
2. Агрофизические методы исследований почв. М.: Наука, 1965. 257 с.
3. Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В. и др. Зональные системы земледелия Читинской области. Чита, 1988. 182 с.
4. Важенин И.Г., Важенина Е.А. Агрохимическая характеристика почв СССР (Восточная Сибирь). М.: Наука, 1969. 210 с.
5. Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Изменение содержания гумуса в почвах в результатах сельскохозяй-

- ственного использования. М.: ВНИИТЭН агропром, 1992. 49 с.
6. Гамзиков Г.П., Мангатаев Ц.Д., Пигарева Н.Н. Плодородие лугово-черноземных почв. Новосибирск: Наука, 1991. 133 с.
 7. Дадькин В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 278 с.
 8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
 9. Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Западной Сибири // Агрохимия. 1972. № 6. С. 3–10.
 10. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: Красн. гос. ун-т, 2002. 331 с.
 11. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. М.: Колос, 1985. 267 с.
 12. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1983. 197 с.
 13. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2003. 240 с.
 14. Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.
 15. Убугунов Л.Л., Ральдин Б.Б., Убугунова В.И. Почвенный покров Бурятии как базовый компонент природных ресурсов Байкальского региона. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. 53 с.
 16. Уфимцева К.А. Почвы межгорных котловин южной тайги Забайкалья. Иркутск, Чита: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1967. 102 с.
 17. Чагина Е.Г., Берхин Ю.И., Хацевич Н.В. Изменение плодородия почв при интенсивном земледелии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 118 с.
 18. Чимитдоржиева Г.Д. Гумус холодных почв: экологические аспекты. Новосибирск: Наука, 1990. 145 с.
 19. Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т. Возделывание сельскохозяйственных культур в Забайкальском крае // Система основной обработки почвы в лесостепной зоне. Чита, 2012. С. 28–43.
 20. Asmus F., Gorlitz H. Einfluss organischer und mineralischer Düngung auf die organische Substanz und den Stickstoffgehalt einer Tifilehm Fahlerde // Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 1978. Bd. 22. H. 2. S. 123–129.
 21. Asmus F., Gorlitz H., Ansorge H. Organische Düngung zur Versorgung des Bodens mit organischer Substanz, eine Wichtige Grundlage fur die Ertragsfahigkeit // Feldwirtschaft. 1981. Bd. 22. H. 3. S. 124–126.

Influence of Long Systematic Application of Fertilizers on Basic Indicators of Soil Fertility and Productivity of Fodder Crop Rotation on the Deeply Freezing Meadow-Chernozem Soil in Transbaikalia

N. G. Pilipenko^{a,*} and O. T. Andreyeva^a

^aResearch Institute of Veterinary Science of East Siberia, Branch of RAS, Russia 672010, Chita, Kirov street, 49

*e-mail: vetinst@mail.ru

New experimental data on the changes in organic matter content, in soil nutrition regimes and productivity of crops in fodder rotation were obtained. Results of long-lasting (1995 to 2005) research on the effect of different levels of mineral and organomineral plant nutrition (control – without fertilizers; N120P90K90; manure 40 t N120P90K90; N240P180K180; manure 80 t N240P180K180) in the fodder crop rotation (fallow-turnip-corn-sunflower mixture-rape seed spring-pea-oat mixture), performed in the Research Institute of veterinary medicine of Eastern Siberia-branch of SFNCA RAS are presented. The application of organic fertilizers in the norm for the rotation: of manure 80 t and N240P180K180 kg active substance provided the greatest increase in the layer 0–20 cm of the nitrate content by 10–28 mg/kg, mobile phosphorus by 21–47, and exchangeable potassium by 12–57 mg/kg of soil; organic matter content increased for the first rotation by 0.08%, for the second – by 0.09%, and for two rotations by 0.17%. Productivity of fodder crop rotation increased by 55.4–98.8% for the first rotation, and by 58.4–120.6% for the second one.

Keywords: Zabaikalsky Krai, meadow-chernozemic soil, fertilization, nitrates, mobile phosphorus, exchangeable potassium, organic matter, productivity