

## ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ СЕВОБОРОТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н.

*Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук*  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Представлены результаты исследований влияния приемов улучшения шестипольного кормового севооборота за две ротации на показатели продуктивности и содержание доступных для растений макроэлементов (азота, фосфора и калия) в слое 0–40 см чернозема выщелоченного. Полевые исследования проведены в 2008–2019 гг. в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Приемы улучшения – внесение минеральных удобрений, подсев бобового компонента и подсев бобового компонента на фоне удобрений. Подсев бобовых культур в поля севооборота не уступал по показателям продуктивности минеральной системе удобрений. Сбор сухой массы в первую и вторую ротацию при внесении удобрений с единицы севооборотной площади увеличился по сравнению с контролем в 1,6–1,7 раза – 4,20 и 6,30 т/га соответственно, при подсеве бобового компонента в каждое поле – в 1,5–1,8 раза (3,97–6,59 т/га). От совместного использования этих приемов урожайность сухой массы по ротациям увеличилась в 1,6–1,8 раза (4,32–6,98 т/га). Чередование культур в севообороте вместе с приемами его улучшения за время прохождения первых двух ротаций способствовали росту в слое 0–20 см нитратного азота на фоне минеральных удобрений в 1,7 раза (3,9 мг/кг почвы), при подсеве бобового компонента в 2,5 раза (5,7 мг/кг). Выявлено положительное влияние чередования культур на запасы подвижных фосфатов почвы в контрольном севообороте. Общее количество подвижных фосфатов при закладке опыта в слое 0–20 см было 68 мг/кг, 20–40 см – 21 мг/кг. К концу первой ротации отмечено их возрастание до 108 и 99 мг/кг, к концу второй – 239 и 214 мг/кг соответственно. Внесение минеральных удобрений оказывало более сильное влияние на общее количество подвижных фосфатов по сравнению с подсевом бобового компонента без удобрений. В конце второй ротации севооборот с подсевом на фоне удобрений содержал фосфатов в пахотном слое 249 мг/кг, в слое 20–40 см – 227 мг/кг. В севообороте с минеральной системой удобрения – 255 и 231 мг/кг соответственно, с подсевом бобового компонента – 231 и 214 мг/кг. К концу второй ротации в контрольном севообороте отмечено незначительное возрастание обменного калия в слое 0–40 см, более выраженное в слое 20–40 см – от 97 до 103 мг/кг. В 2018 г. минеральная система удобрений злакового севооборота привела к снижению обменного калия по сравнению с контролем в слое 0–20 см от 116 до 104 мг/кг почвы, 20–40 см – от 103 до 91 мг/кг. Вынос обменного калия с урожаем возделываемых культур под действием приемов улучшения севооборота превышал возврат растительными остатками.

**Ключевые слова:** кормовой севооборот, бобовый компонент, минеральные удобрения, продуктивность, плодородие, подвижные элементы питания

## PRODUCTIVITY OF FODDER CROP ROTATIONS AND THEIR IMPACT ON THE FERTILITY OF LEACHED CHERNOZEM

Galeev R.F., Shashkova O.N.

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences*  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

The paper presents the results of the study on the effect of methods for improving a six-field fodder crop rotation on productivity indicators and the content of macroelements available for plants (nitrogen, phosphorus and potassium) in a layer of 0–40 cm of leached chernozem in two rotations. Field studies were carried out in 2008–2019 in the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia. Improvement techniques included introduction of mineral fertilizers, oversowing legumes and oversowing legumes alongside the use of fertilizers. Oversowing legumes in crop rotation fields

resulted in the productivity which was not lower than with the application of mineral fertilizer system. When fertilizers were applied, collection of dry matter in the first and second rotation from a unit of crop rotation area increased by 1.6–1.7 times compared to the control, namely 4.20 and 6.30 t/ha, respectively, whereas when legumes were sown in each field, the increase was 1.5–1.8 times (3.97–6.59 t/ha). When both these methods were combined, the yield of dry matter in rotations increased by 1.6–1.8 times (4.32–6.98 t/ha). The alternation of crops in the crop rotation alongside improvement methods during the first two rotations contributed to the 1.7 times increase of nitrate nitrogen in the 0–20 cm layer with the use of mineral fertilizers (3.9 mg/kg of soil), and with legume oversowing – 2.5 times (5.7 mg/kg). The positive effect of crop alternation on the reserves of mobile phosphates in the soil in the control crop rotation was identified. The total amount of mobile phosphates in the experiment was 68 mg/kg in the 0–20 cm layer, and 21 mg/kg in the 20–40 cm layer. By the end of the first rotation, their increase reached 108 and 99 mg/kg, by the end of the second – 239 and 214 mg/kg, respectively. By the end of the second rotation, there was a slight increase in exchangeable potassium in the 0–40 cm layer in the control crop rotation, which was more significant in the 20–40 cm layer – from 97 to 103 mg/kg. In 2018, the mineral fertilization system of cereal crop rotation led to a decrease in exchangeable potassium compared to the control from 116 to 104 mg/kg of soil in the 0–20 cm layer, and from 103 to 91 mg/kg in the 20–40 cm layer. The removal of exchangeable potassium with the yield of cultivated crops due to crop rotation improvement methods exceeded its return with plant residues.

**Keywords:** fodder crop rotation, legumes, mineral fertilizers, productivity, fertility, mobile nutrients

**Для цитирования:** Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н. Продуктивность кормовых севооборотов и их влияние на плодородие чернозема выщелоченного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 5. С. 28–37. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-5-3>

**For citation:** Galeev R.F., Shashkova O.N. Productivity of fodder crop rotations and their impact on the fertility of leached chernozem. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 5, pp. 28–37. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-5-3>

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Усовершенствование севооборотов направлено на получение максимальной продуктивности сельскохозяйственных культур при сохранении почвенного плодородия. С чередованием культур, продуктивностью и почвенным плодородием связаны вопросы внесения видов и форм удобрений, а также доз, сроков и способов внесения. Многолетние травы накапливают в условиях Сибири в первые 3 года пользования 80–100 ц сухой массы корней/га и обеспечивают бездефицитный баланс гумуса для трех-пяти последующих культур севооборота [1]. Возделывание сельскохозяйственных культур в зернопаротравяном севообороте без удобрений в течение 60 лет обеспечивало сохранение почвенного плодородия, содержание органического вещества в пахотном

слое почвы увеличивалось на 0,2% [2]. Для дерново-подзолистых почв установлено, что оптимальный прием удобрения культур – совместное применение навоза и минеральных туков в умеренных дозах [2, 3]. В адаптивно-ландшафтном земледелии обосновывается роль минеральных удобрений как системообразующего фактора и важнейшего условия экологической оптимизации природопользования [4]. Однако из-за высоких цен на минеральные удобрения и резкого снижения инвестиций, направленных на повышение плодородия почвы, первостепенное значение приобретает использование биологических факторов [5–7]. В сложившихся условиях севооборот – самое доступное и эффективное средство в использовании питательных веществ почвы, которое способствует улучшению и поддержанию ее благоприятных физических и био-

логических свойств. Изучение различных видов полевых и кормовых севооборотов позволило сделать вывод о возможности стабилизации плодородия почвы и повышения продуктивности севооборотов путем посева промежуточных культур, замены чистых паров занятыми и сидеральными, многолетними травами, подсева бобового компонента и др. [6–9]. Расширение посевов одно- и многолетних трав, бобовых культур, сидератов, применение растительных остатков зерновых и зернобобовых культур как удобрений выделяют в качестве элементов биологизированной системы удобрения. Данная система не уступает традиционной органоминеральной по влиянию на плодородие почвы и продуктивность севооборота, но экономически более выгодна [10]. Для достижения положительного баланса по подвижным элементам питания в севооборотах с многолетними травами целесообразно вносить небольшие дозы минеральных удобрений [11]. Изучение влияния приемов улучшения кормовых севооборотов на основе биологизации и минеральной системы удобрений на их продуктивность и подвижные элементы питания в корнеобитаемом слое почвы актуально как в научном, так и в прикладном аспекте.

Цель исследования – оценить продуктивность кормовых севооборотов и их влияние на агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного лесостепной зоны Западной Сибири.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в 2008–2019 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Северопредалтайской лесостепной провинции [12]. Почва опытного участка – слабовыщелоченный среднесуглинистый чернозем.

Климат Приобской лесостепи резко континентальный. Для него характерна суровая и продолжительная зима, сравнительно жаркое сухое короткое лето. Среднегодовое

количество осадков составляет 350–450 мм, из них за вегетационный период выпадает 200–250 мм. Сумма активных температур выше 10 °С – 1800°, продолжительность безморозного периода 120–130 дней. Гидротермический коэффициент находится в пределах 1,0–1,2.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов складывались по-разному. Благоприятными для роста и развития растений по влагообеспеченности и тепловому режиму были 2015 и 2017 гг. Сумма осадков за вегетационный период (май – август) составила 270 мм при среднемноголетнем количестве 220 мм. Сумма активных температур выше 10 °С – 2091–2025°.

Крайне неблагоприятным по количеству выпавших осадков был 2012 г. (110 мм), а также 2010 и 2011 гг. (120–146 мм) с суммой активных температур 2112° и 1781–1881° соответственно. Сочетание острого дефицита влаги в почве в 2012 г. на фоне предыдущих периодов с воздушной засухой оказало отрицательное влияние на рост и развитие всех культур севооборота. Вегетационный период 2013 г. отличался недостаточным количеством тепла (1681°) и обильными осадками (365 мм). В период вегетации растений в 2008, 2014, 2016, 2019 гг. осадков было на 12–30% меньше среднемноголетних значений (155–194 мм), однако они выпали в критические фазы роста и развития, поэтому их недостаток не оказал отрицательного влияния на урожайность культур.

Наблюдения проведены в двухфакторном полевом опыте. В контрольном (злаковом) севообороте все поля были засеяны злаковыми культурами. Схема севооборота: 1 – однолетние травы (овес) с подсевом коостреца безостого; 2–4 – коострец безостый; 5 – зернофуражные (ячмень); 6 – силосные культуры (кукуруза). Приемы улучшения злакового севооборота: минеральная система удобрений (удобренный севооборот), подсев бобового компонента в каждое поле севооборота (биологизированный) и подсев бобового компонента на фоне удобрений (биологизированный удобренный). При подсеве в каждое поле бобового компонен-

та получен биологизированный севооборот: однолетние травы (овес + вика) с подсевом костреца безостого и люцерны, три поля костреца безостого с люцерной, зернофуражные (ячмень + горох) и силосные культуры (кукуруза + бобы кормовые).

Дозы минеральных удобрений установлены в ранее проведенных исследованиях Сибирского научно-исследовательского института кормов [13]. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру, фосфорного – простой суперфосфат. Под однолетние травы, зернофуражные и силосные культуры удобрения вносили весной под предпосевную культивацию ( $N_{60}P_{20}$ ), при подсеве бобового компонента доза азота уменьшена ( $N_{30}P_{20}$ ). В посевах костреца безостого вносили азотные удобрения ( $N_{60}$ ), костреца безостого с люцерной ( $N_{30}$ ) – весной через 10–15 дней после начала отрастания. Фосфорные удобрения ( $P_{80}$ ) на 4 года жизни многолетних трав вносили осенью после уборки силосных культур под основную обработку почвы.

Нормы высева зерновых культур в двухкомпонентных смесях установлены по результатам ранее проведенных исследований. Они составили 70% от полной нормы злаковых в чистом виде, зернобобовых – 40, покровных культур (овес + вика) – 50% от полной нормы, люцерны – 8 кг/га, костреца безостого – 15 кг/га. Совместные посева кукурузы с бобами кормовыми высевали через рядок (один ряд кукурузы чередовался с одним рядом бобов) с размещением на 1 пог. м рядка 10 всхожих семян кукурузы и 20 семян бобов кормовых.

В опыте возделывали районированные сорта сельскохозяйственных культур: овес Краснообский, ячмень Ача, горох Новосибирец, вику Приобская 25, люцерну Флора, кострец безостый Рассвет, кукурузу гибрид Обский 140 СВ, бобы кормовые Сибирские.

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. Общая площадь делянки 252 м<sup>2</sup>, учетная – 126 м<sup>2</sup>, повторность вариантов трехкратная. Наблюдения и учеты проводили по общепринятым методикам<sup>1,2</sup>. Определение содержания подвижных элементов питания – по ГОСТ 26204–91, ГОСТ 26951–86. Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову<sup>3</sup> с использованием пакета программ Snedecor<sup>4</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Приемы улучшения кормового севооборота оказали достоверное влияние на сбор сухой массы в сравнении с контрольным вариантом. На рисунке показано, что в первую ротацию сбор сухой массы увеличился более чем в 1,5 раза: от 2,63 до 3,97–4,32 т/га, во вторую – в 1,7–1,8 раза: от 3,63 т/га в контроле до 6,30–6,98 т/га по приемам улучшения. Прибавка во вторую ротацию от внесения удобрений составила 2,67 т/га, в севооборотах с бобовым компонентом – 2,96–3,35 т/га.

Во второй ротации сбор сухой массы существенно увеличился от приемов не только относительно контроля (злакового севооборота), но и относительно первой ротации. Это прежде всего связано с более благоприятными погодными условиями. В первую ротацию из шести лет два года (2011, 2012) были крайне неблагоприятными для роста и развития кормовых культур – жаркими и сухими. Во вторую ротацию прошло полное вхождение полей многолетних трав в севооборот, в результате под следующие за ними культуры перепахивали дернину трав четвертого года жизни.

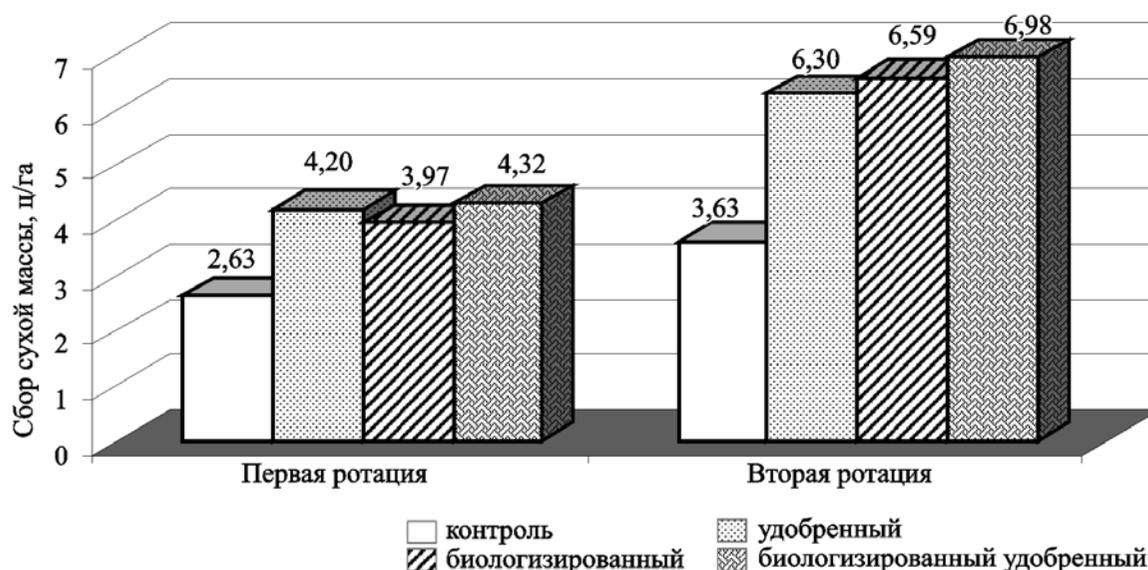
Коэффициенты корреляций рассчитаны по программам О.Д. Сорокина (достоверность коэффициента на 5%-м уровне). Корреляционный анализ многолетних данных

<sup>1</sup>Методика полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: Печатно-множительная группа ВИК, 1971. 157 с.

<sup>2</sup>Рекомендации по проведению опытов с кормовыми севооборотами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М., 1974. 81 с.

<sup>3</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

<sup>4</sup>Сорокин О.Д. Пакет прикладных программ Snedecor: Применение математических методов и ЭВМ в почвоведении, агрохимии и земледелии: тез. докл. 3-й науч. конф. Российского общества почвоведов. Барнаул, 1992. С. 97.



Сбор сухой массы в зависимости от внесения минеральных удобрений и подсева бобового компонента, т/га

Collecting dry matter depending on the application of mineral fertilizers and oversowing legumes, t/ha

между сбором сухой массы изучаемых севооборотов и агрометеорологическими условиями (ГТК и сумма осадков) вегетационных периодов культур показал тесную связь данных показателей удобренного севооборота ( $r = 0,86; 0,87$ ) и контрольного севооборота ( $r = 0,83; 0,80$ ). Коэффициенты парных корреляций между ГТК, осадками и сбором сухой массы биологизированных севооборотов достоверны и значительны, но менее выражены ( $r$  от 0,61 до 0,67). Эти данные свидетельствуют о том, что в злаково-бобовых агроценозах складываются более благоприятные условия для роста и развития растений (почва сильнее затеняется, снижается испарение с поверхности, лучше сохраняется продуктивная влага) и они менее зависимы от погодных условий. Сравнение приемов химизации (внесение минеральных удобрений) и биологизации (подсев бобового компонента без внесения удобрений) за первую и вторую ротации дано нами ранее [9, 14].

Под влиянием приемов улучшения значительно увеличилась продуктивность кормовых севооборотов и вынос элементов питания из слоя 0–40 см чернозема выщелоченного. Представляет научный и практический интерес вопрос о сохранении почвен-

ного плодородия. Влияние кормовых севооборотов на содержание в почве доступных для растений форм азота, фосфора и калия представлены в таблице.

Чередование культур и изучаемые приемы повышали содержание нитратов в слое 0–40 см чернозема выщелоченного. К концу первой ротации содержание нитратного азота возросло до 4,0 мг/кг в слое 0–20 см. Положительное влияние севооборота наблюдали в сравнении с контрольным вариантом опыта. Отмечено некоторое снижение нитратного азота к концу второй ротации. Известно, что он не образует малорастворимых соединений и не поглощается почвенными коллоидами. Он находится в почвенном растворе и служит основным источником азотного питания растений. Его содержание зависит от обеспеченности почвы органическим веществом, ее влажности, температуры и реакции почвенного раствора. Передвижение нитратного азота в почве определяется количеством осадков, накопленных за осенне-зимний период и выпавших в виде дождей за вегетационный период [15, 16]. Из-за сильного пересыхания пахотного слоя нитраты не передвинулись в нижележащий слой и не усвоились корнями растений.

Влияние кормовых севооборотов на содержание доступных макроэлементов в черноземе выщелоченном, мг/кг  
Influence of fodder crop rotations on the content of available macronutrients in leached chernozem, mg/kg

Севооборот	Азот			Фосфор			Калий		
	2009 г.	2012 г.	2018 г.	2009 г.	2012 г.	2018 г.	2009 г.	2012 г.	2018 г.
<i>Слой 0–20 см</i>									
Контрольный	1,8	4,0	2,3	68	108	239	114	123	116
Удобрённый	2,3	6,1	3,9	72	121	255	108	108	104
Биологизированный	2,1	3,9	5,7*	68	111	231	120	109	100
Биологизированный удобрённый	2,4	5,1	6,8*	79	126	249	120	101	111
НСР <sub>05</sub>	1,7	3,3	2,7	57,0	22,1	15,9	18,1	18,4	22,2
<i>Слой 20–40 см</i>									
Контрольный	1,95	2,1	2,2	21	99	214	97	102	103
Удобрённый	2,2	2,9	3,1	38	112	231	94	116	92
Биологизированный	1,95	2,4	3,5*	20	96	214	102	102	87
Биологизированный удобрённый	2,3	3,2	3,8	33*	110	227	102	98	91
НСР <sub>05</sub>	1,5	1,8	0,9	7,2	26,9	33,7	9,7	48,3	22,1

\*Достоверно на 5%-м уровне.

Минеральная система удобрений кормового севооборота повышает содержание нитратного азота в слое 0–20 см чернозема выщелоченного вместе с действием и самого севооборота. Возрастание (от 1,8 до 2,4 мг/кг) отмечено как по сравнению с контрольным севооборотом, так и по ротациям севооборотов. К концу второй ротации в слое 0–20 см в 1 кг почвы содержалось 3,9 мг нитратного азота. При внесении удобрений в злаковый севооборот в условиях засухи отмечено большее содержание нитратного азота в слое 0–20 см чернозема выщелоченного.

Подсев бобового компонента в каждое поле кормового севооборота изменял режим увлажнения чернозема выщелоченного. Затенение почвы приводило к меньшему иссушению пахотного и подпахотного слоев, что оказывало непосредственное влияние на содержание и перемещение нитратов.

В севооборотах с подсевом бобового компонента в экстремально засушливый 2012 г. повышения содержания нитратного азота не наблюдали. Отмечено возрастание нитратов по годам исследований от ротации к ротации в слое почвы 0–40 см. При подсеве компонента без удобрений в слое 0–20 см в 2009 г. нитратов содержалось 2,1 мг/кг, в 2012 г. – 3,9, в 2018 г. – 5,7 мг/кг. Прием подсева на

фоне удобрений в слое 0–20 см чернозема выщелоченного по годам наблюдений влиял на содержание нитратного азота следующим образом: 2,4 – 5,1 – 6,8 мг/кг.

В 2018 г. в слоях почвы 0–20 и 20–40 см по содержанию нитратного азота отмечены достоверные различия в биологизированных севооборотах по сравнению с контрольным. В удобрённом севообороте превышения статистически не доказаны. В наблюдаемом слое почвы нитратов содержалось больше в злаково-бобовом удобрённом севообороте по сравнению с подсевом бобового компонента без внесения удобрений. Среди культур кормовых севооборотов максимальное количество нитратного азота было в корнеобитаемом слое почвы под силосными культурами, так как междурядные обработки усиливают аэрацию почвы и переход аммонийных форм азота в нитратные.

Чередование культур севооборота и приемы его улучшения на основе биологизации и минеральной системы удобрений способствуют увеличению нитратного азота в слое 0–40 см.

Фосфор почвы, определяемый методом Чирикова, характеризует общее количество или запас подвижных фосфатов почвы. Это фосфаты, осажденные или адсорбированные на поверхности твердой фазы почвы.

Они способны при нарушении фосфатного равновесия между твердой и жидкой фазами почвы, выносе фосфора растениями, внесении фосфорных удобрений переходить путем самодиффузии в почвенный раствор. Этот резерв почвенных фосфатов длительное время снабжает растения фосфором.

Для сохранения эффективного и потенциального плодородия почв, получения полноценных урожаев в полевых, зернопаровых и зернопропашных севооборотах в них должно содержаться не менее 150–200 мг подвижного фосфора/кг почвы, в кормовых и овощных – до 200–300 мг/кг. В почвах фосфора для питания растений обычно недостаточно, поэтому внесение фосфорных удобрений резко увеличивает биологическую продуктивность агроценозов [17, 18].

При использовании приемов интенсификации возрастает отчуждение сельскохозяйственными культурами большого количества фосфора почвы. Для предотвращения снижения урожайности, возмещения выноса и создания запасов подвижных фосфатов в почве необходима система возврата фосфора удобрениями или растительными остатками.

Прослеживается положительное влияние чередования культур на запас подвижных фосфатов почвы в контрольном севообороте. От закладки опыта в слоях 0–20 и 20–40 см исследуемой почвы общее количество подвижных фосфатов составляло 68 и 21 мг/кг соответственно, к концу первой ротации возросло до 108 и 99 мг/кг, к концу второй – 239 и 214 мг/кг.

Биологизированный севооборот оказывал практически такое же влияние на содержание в слое 0–40 см фосфатов, как и контрольный злаковый. При закладке опыта в слое 0–20 см фосфатов содержалось 68 мг/кг, 20–40 см – 20,0 мг/кг, к концу первой ротации севооборотов – 111 и 96 мг/кг соответственно, к концу второй – 231 и 214 мг/кг.

Внесенные удобрения существенно увеличивали содержание подвижных фосфатов по сравнению с контрольным севооборотом, вместе с этим прослеживалось и влияние че-

редования культур. В 2009 г. в среднем под культурами удобренного злакового севооборота в пахотном слое фосфатов содержалось 72 мг/кг почвы. К концу первой ротации в этих горизонтах почвы фосфатов содержалось 121 мг/кг, через 6 лет – 255 мг/кг. Биологизированный удобренный севооборот оказывал самое сильное влияние на общее количество подвижных фосфатов. К концу второй ротации фосфатов в пахотном слое чернозема выщелоченного содержалось 249 мг/кг.

Достоверных различий общего количества фосфатов улучшенных севооборотов по сравнению с контрольным к концу второй ротации не получено.

Чередование культур севооборота и приемы его улучшения за время прохождения первых двух ротаций способствовали накоплению общих запасов фосфора.

При достаточном калийном питании растения меньше поражаются болезнями и повреждаются вредителями, повышается их устойчивость к полеганию, заморозкам и повышенным температурам, неблагоприятным условиям водного режима. Сбалансированное калийное питание растений обуславливает получение продукции высокого качества, снижает его потери при хранении, способствует более экономному расходованию влаги, азота и фосфора растениями при формировании единицы товарной урожайности [19, 20].

В среднем под культурами контрольного севооборота содержание обменного калия в корнеобитаемом слое чернозема выщелоченного практически не изменялось. Отмечено незначительное возрастание, которое более выражено в слое 20–40 см – от 97 до 103 мг/кг.

К концу второй ротации минеральная система удобрений злакового севооборота привела к снижению содержания обменного калия в слое 0–20 см от 116 до 104 мг/кг почвы. В слое 20–40 см уменьшение составило от 103 до 92 мг/кг. Обменный калий выносился с урожаем возделываемых культур. Самое выраженное уменьшение обменного калия наблюдали в 2018 г. в био-

логизированном севообороте без внесения удобрений. В слое 0–20 см оно составило до 100 мг/кг, 20–40 см – до 87 мг/кг (различия недостоверны).

Таким образом, приемы улучшения кормового севооборота вместе с увеличением урожайности привели к уменьшению обменного калия в слое 0–40 см. Содержание этого показателя в черноземе выщелоченном остается высоким, но целесообразно продумать внесение под культуры севооборотов калийных удобрений.

## ВЫВОДЫ

1. Применение минеральной системы удобрений кормового севооборота привело к увеличению сбора сухой массы в первую и вторую ротацию по сравнению с контролем в 1,6–1,7 раза (4,20–6,30 т/га по ротациям), при подсеве бобового компонента в каждое поле севооборота – в 1,5–1,8 раза (3,97–6,59 т/га), от совместного использования этих приемов – в 1,6–1,8 раза (4,32–6,98 т/га).

2. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири чередование культур в кормовом севообороте вместе с приемами его улучшения за время прохождения первых двух ротаций способствовали увеличению в слое 0–20 см чернозема выщелоченного нитратного азота: на фоне минеральных удобрений – в 1,7 раза (3,9 мг/кг почвы), при подсеве бобового компонента – в 2,5 раза (5,7 мг/кг).

3. Чередование культур севооборотов за время прохождения первых двух ротаций оказало значительное влияние на накопление общих запасов фосфора: в 3,5 раза (от 68 до 239 мг/кг) в слое 0–20 см, в 10,2 раза (от 21 до 214 мг/кг) в слое 20–40 см в полях контрольного севооборота. Приемы улучшения с использованием минеральных удобрений увеличили по сравнению со злаковым севооборотом в 2018 г. содержание фосфатов в слое 0–20 см на 10–16 мг/кг, 20–40 см на 13–17 мг/кг. В биологизированном севообороте без удобрений запасы фосфатов были на уровне контрольного варианта.

4. Минеральная система удобрений, подсев бобового компонента и подсев бобо-

вого компонента на фоне удобрений способствовали уменьшению в слое 0–40 см чернозема выщелоченного обменного калия. Вынос обменного калия с урожаем возделываемых культур превышает возврат с растительными остатками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А. Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2001. 240 с.
2. Анкудович Ю.Н. Эффективность длительного систематического внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области // Земледелие. 2018. № 2. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10209.
3. Чеботарёв Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И., Булатова Н.В. Эффективность длительного применения удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве // Кормопроизводство. 2018. № 11. С. 19–22.
4. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
5. Данилова А.А. Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 5–15. DOI: 26898/0370-8799-2019-3-1.
6. Павликова Е.В., Ткачук О.А. Оценка влияния полевых севооборотов на плодородие почвы и их продуктивность в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 7–10.
7. Лошаков В.Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достижение науки и техники АПК. 2016. № 1. С. 9–13.
8. Мерзлая Г.Е. Эффективность длительного применения биологизированных систем // Агрехимия. 2018. № 10. С. 27–33. DOI: 10.1134/S0002188118100113.
9. Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н. Влияние удобрений и факторов биологизации на продуктивность кормового севооборота в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2 (249). С. 12–19.

10. Ермакова Л.И., Новиков М.Н. Оценка эффективности различных систем удобрения в полевом севообороте в Нечерноземной зоне // *Агрохимия*. 2019. № 10. С. 39–45. DOI: 10.1134/S0002188119100053.
11. Козлова Л.М. Продуктивность и баланс основных питательных элементов в севооборотах при различных уровнях интенсификации // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. № 1. С. 6–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10102.
12. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области: монография / В.И. Кирюшин и др. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2002. 388 с.
13. Демарчук Г.А., Данилов В.П. Использование азотных, бактериальных и биологических удобрений на многолетних травах в лесостепной зоне Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 1998. № 1-2. С. 49–55.
14. Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н. Оценка действия приемов биологизации и химизации на продуктивность кормовых севооборотов в лесостепи Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. № 10. С. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11005.
15. Кочергин А.Е. Условия азотного питания зерновых культур на черноземах Сибири // *Агробиология*. 1956. № 2. С. 76–88.
16. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири: монография. М.: Наука, 1981. 268 с.
17. Гамзиков Г.П., Лапухин А.К., Уланов Т.П. Эффективность систем удобрения в полевых севооборотах на каштановых почвах Забайкалья // *Агрохимия*. 2005. № 9. С. 24–30.
18. Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А. Фосфор и воспроизводство плодородия почв // *Агрохимический вестник*. 2001. № 1. С. 28–31.
19. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора: монография. М.: Сельхозгиз, 1956. 464 с.
20. Авдонин Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции: монография. М.: Колос, 1979. 302 с.
1. Bents V.A., Kashevarov N.I., Demarchuk G.A. *Field fodder production in Siberia*. Novosibirsk: SO RASKhN Publ., 2001, 240 p. (In Russian).
2. Ankudovich Yu.N. The effectiveness of long-term systematic fertilization for grain-fallow-grass crop rotation in sod-podzolic soils in the north of Tomsk region. *Zemledelie*, 2018, no. 2, pp. 37–40. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10209.
3. Chebotarev N.T., Yudin A.A., Konkin P.I., Bulatova N.V. Rotation of forage crop on sod-podzolic soil as affected by long-term fertilization. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2018, no. 11, pp. 19–22. (In Russian).
4. Kiryushin V.I. The management of soil fertility and agrocenoses productivity in landscape adaptive agricultural systems. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2019, no. 9, pp. 1130–1139. (In Russian). DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
5. Danilova A.A. Optimal doses of phosphorus fertilizers (soil biochemical aspects of the problem). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, no. 3, pp. 5–15. (In Russian). DOI: 26898/0370-8799-2019-3-1.
6. Pavlikova E.V., Tkachuk O.A. Assessment of influence of field crop rotations on fertility of the soil and their efficiency in the forest-steppe zone of Central Volga area. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, 2014, no. 3, pp. 7–10.
7. Loshakov V.G. Effectiveness of separate and combined use of crop rotation and fertilizers. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, no. 1, pp. 9–13. (In Russian).
8. Merzlaya G.E. The effectiveness of prolonged use of biological fertilization systems. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2018, no. 10, pp. 27–33. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188118100113.
9. Galeev R.F., Shashkova O.N. Effect of fertilizers and biologization factors on productivity of fodder crop rotation in the forest-steppe of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 2 (249), pp. 12–19. (In Russian).
10. Ermakova L.I., Novikov M.N. Comparative Efficiency of different fertilizer systems in field pumps in non-chernozem zone. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 10, pp. 39–45. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119100053.
11. Kozlova L.M. Productivity and balance of main nutrients in crop rotations at different levels of

- intensification. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, no. 1, pp. 6–9. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10102.
12. *Adaptive landscape farming systems in the Novosibirsk region*. V.I. Kiryushin i dr. Novosibirsk: SO RASKhN Publ., 2002, 388 p. (In Russian).
  13. Demarchuk G.A., Danilov V.P. The use of nitrogen, bacterial and biological fertilizers on perennial grasses in the forest-steppe zone of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 1998, no. 1-2, pp. 49–55. (In Russian).
  14. Galeev R.F., Shashkova O.N. Effect of biologization and chemicalization techniques on the productivity of forage crop rotations the forest-steppe of Western Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, no. 10, pp. 22–25. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11005.
  15. Kochergin A.E. Conditions for nitrogen nutrition of grain crops in chernozems of Siberia. *Agrobiologiya = Agricultural Biology*, 1956, no. 2, pp. 76–88. (In Russian).
  16. Gamzikov G.P. *Nitrogen in Western Siberia farming*. M.: Nauka Publ., 1981, 268 p. (In Russian).
  17. Gamzikov G.P., Lapukhin A.K., Ulanov T.P. The efficiency of fertilizing systems in field crop rotations on chestnut soils of the Transbaikali. *Agrobiologiya = Agricultural Biology*, 2005, no. 9, pp. 24–30. (In Russian).
  18. Chumachenko I.N., Sushenitsa B.A. Phosphorus and soil fertility reproduction. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2001, no. 1, pp. 28–31. (In Russian).
  19. Chirikov F.V. *Agrochemistry of potassium and phosphorus*. M.: Sel'khozgiz Publ., 1956, 464 p. (In Russian).
  20. Avdonin N.S. *Soils, fertilizers and quality of crop products*. M.: Kolos Publ., 1979, 302 p. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Галеев Р.Ф.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий сектором

✉ **Шашкова О.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; e-mail: onklin@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

**Ramil F. Galeev**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Head of Division

✉ **Olga N. Shashkova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: onklin@mail.ru

*Дата поступления статьи 10.06.2020  
Received by the editors 10.06.2020*