

Научная статья/Research Article

УДК 631.5:631.8

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-38-43

Роман Витальевич Тимошинов^{1✉}, Елена Жоржевна Кушаева², Людмила Евгеньевна Марчук³, Александр Алексеевич Дубков⁴, Алексей Григорьевич Клыков⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, п. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, Россия

^{1,2,3,4,5}fe.smc_rf@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Цель работы – изучить влияние различных систем удобрений в севообороте длительного агрохимического стационара на урожайность возделываемых культур в условиях Приморского края. В настоящей работе обобщены результаты за девять ротаций длительного полевого стационарного опыта, заложенного в 1941 г. на лугово-бурой отбеленной тяжелосуглинистой почве на базе девятипольного севооборота. Применение разных систем удобрений в течение девяти ротаций севооборота увеличивало урожайность сельскохозяйственных культур по сравнению с контрольным вариантом без удобрений, в среднем по вариантам опыта, на 23,1–25,8 %. При этом соя и яровая пшеница по-разному реагируют на длительное внесение удобрений. Установлено, что яровая пшеница, в среднем за девять ротаций, наибольшую урожайность 23,6 ц/га сформировала на минеральной системе с двойной дозой NPK, прибавка к контролю составила 38,0 %. Наибольшая урожайность сои (18,2 ц/га) в среднем за период исследований была получена на комплексной системе удобрений с двойной дозой NPK, прибавка к контролю – 15,9 %. В результате многолетних исследований установлено, что в варианте без удобрений продуктивность севооборота составляла в пределах 10,9–31,9 ц/га зерн. ед. Исследования показали, что продуктивность увеличивалась в каждой последующей ротации. Это стало возможным благодаря соблюдению севооборота, поступлению органического вещества с корневыми и пожнивными остатками возделываемых культур, наличию в севообороте многолетних трав, используемых в качестве сидерального удобрения, и использованию новых более урожайных сортов.

Ключевые слова: системы удобрений, севооборот, урожайность, пшеница, соя

Для цитирования: Эффективность длительного применения различных систем удобрений в севообороте / Р.В. Тимошинов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 4. С. 38–43. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-38-43.

Roman Vitalievich Timoshinov^{1✉}, Elena Zhorzhevna Kushaeva², Lyudmila Evgenievna Marchuk³, Alexander Alekseevich Dubkov⁴, Alexey Grigorievich Klykov⁵

^{1,2,3,4,5}Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A.K. Chaika, Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Region, Russia

^{1,2,3,4,5}fe.smc_rf@mail.ru

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS' LONG-TERM APPLICATION IN THE CROP ROTATION

The purpose of the work is to study the effect of various fertilizer systems in the crop rotation of a long-term agrochemical station on the yield of cultivated crops in the conditions of the Primorsky Region. This paper summarizes the results of nine rotations of a long-term stationary field experiment established in 1941 on bleached meadow-brown heavy loamy soil based on a nine-field crop rotation. The use of diffe-

rent fertilizer systems during nine rotations of crop rotation increased the yield of agricultural crops, in comparison with the control variant without fertilizers, on average for the experimental variants, by 23.1–25.8 %. At the same time, soybean and spring wheat react differently to long-term fertilization. It was established that spring wheat, on average for nine rotations, formed the highest yield of 23.6 c/ha on the mineral system with a double dose of NPK, the increase to the control was 38.0 %. The highest soybean yield (of 18.2 q/ha) on average over the period of research, was obtained on a complex fertilizer system with a double dose of NPK, an increase to the control was 15.9 %. As a result of many years of research, it was found that in the variant without fertilizers, the crop rotation productivity was in the range of 10.9–31.9 c/ha of grains units. Studies have shown that productivity increased with each successive rotation. This became possible due to the observance of crop rotation, the supply of organic matter with root and crop residues of cultivated crops, the presence in the crop rotation of perennial grasses used as green manure fertilizer and the use of new more productive varieties.

Keywords: fertilizer systems, crop rotation, productivity, wheat, soybeans

For citation: Effectiveness of different fertilizer systems' long-term application in the crop rotation / R.V. Timoshinov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(4): 38–43. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-38-43.

Введение. В повышении продуктивности агроценозов и воспроизводстве плодородия существенное значение имеет эффективное использование удобрений и севооборотов, что связано с их благоприятным влиянием на влагообеспеченность пашни, аккумуляцией в ней питательных элементов, уменьшением засоренности посевов и зараженности фитопатогенами [1–3].

Мобилизация питательных веществ под действием почвенных микроорганизмов, физико-химических и химических процессов происходит все время, но для получения высокого урожая зачастую недостаточно тех количеств, которые формируются в почве за вегетационный период [4, 5].

Правильно подобранный севооборот с занятым сидеральным паром способствует сохранению плодородия почв и более полной реализации генетического потенциала возделываемых культур [6–9].

Длительные полевые опыты по изучению систем применения удобрений в севооборотах позволяют получить наиболее полную информацию о влиянии систематического применения удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, баланс элементов минерального питания, изменение агрохимических свойств почв и экологическое воздействие на окружающую среду [10, 11].

Цель исследований – изучение влияния различных систем удобрений в севообороте длительного агрохимического стационара на урожайность возделываемых культур в Приморском крае.

Объекты и методы. Исследования проведены на поле № 7 агрохимического стационара, заложенного в 1941 г. на основе девятипольного

севооборота (1. Клевер 1-го года пользования. 2. Соя. 3. Пшеница. 4. Соя. 5. Пшеница с подсевом клевера. 6. Клевер 1-го года пользования. 7. Пшеница. 8. Соя. 9. Пшеница с подсевом клевера) в ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Агрохимический стационар зарегистрирован в Географической сети опытов с удобрениями. Почва опытного участка – лугово-бурая отбеленная, тяжелосуглинистая. До закладки опыта почва характеризовалась низким содержанием подвижного фосфора – 12,5 мг/кг и обменного калия – 60 мг/кг почвы, повышенным содержанием гумуса – 4,8 %, слабокислой реакцией почвенной среды – pH_{KCl} 5,1. Первая ротация севооборота на поле № 7 началась в 1944 г., в 2022 г. идет восьмой год девятой ротации. Периоды прохождения ротаций следующие: I. 1944–1952 гг. II. 1953–1960 гг. III. 1961–1969 гг. IV. 1970–1978 гг. V. 1979–1987 гг. VI. 1988–1996 гг. VII. 1997–2005 гг. VIII. 2006–2014 гг. IX. 2015–2023 гг.

Опыт включал следующие системы удобрений: 1. Контроль (без удобрений). 2. $N_{40} + I_{4,5} + 1NPK$. 3. $N_{40} + I_{4,5} + 2NPK$. 4. $I_{4,5} + 1NPK$. 5. $2NPK$. Одинарная доза – $N_{30}P_{45}K_{45}$, двойная доза – $N_{60}P_{90}K_{90}$. Минеральные удобрения вносили в виде диаммофоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$) и аммиачной селитры. Навоз и известь вносили в занятом пару в начале каждой ротации севооборота, минеральные удобрения – ежегодно. Общее количество внесенных удобрений за период исследований по вариантам: 1. Контроль (без удобрений). 2. Навоз(N)₂₆₀Известь(I)₁₇N₁₁₅₀P₁₈₆₀K₁₂₉₀. 3. $N_{240}I_{17}N_{3048}P_{3290}K_{2790}$. 4. $I_{23}N_{1755}P_{2103}K_{1440}$. 5. $N_{2914}P_{3250}K_{2475}$.

Общая площадь делянок – 250 м², учетная – 150 м², повторность – трехкратная.

Навоз вносился с первой по седьмую ротацию. В восьмую ротацию севооборота применение навоза было исключено и введено дополнительно поле бобовых многолетних трав. В результате поступление органического вещества стало осуществляться за счет заправки зеленой массы клевера на сидерат (одно поле) и пожнивных остатков клевера (второе поле), сои и пшеницы.

Для посева на стационаре в разные годы использовали районированные в крае сорта сои и яровой пшеницы. В первой ротации высевали яровую пшеницу сорт Штрубе, во 2-й и 3-й – Дальневосточная, в 4-й и 5-й – Приморская 14, в 6-й и 7-й – Приморская 21, в 8-й и 9-й – Приморская 39. С первой ротации по пятую возделывали сорт сои Приморская 529, в 6-й – Приморская 13, в 7-й – Приморская 69, в 8-й – Приморская 81, в 9-й – Муссон.

Результаты и их обсуждение. Исследования, проведенные в агрохимическом стационаре, показали, что в контрольном варианте за девять ротаций продуктивность севооборота составила от 10,9 до 31,9 ц/га зерн. ед. (табл. 1). Следует отметить, что она не только не снижалась, а увеличивалась от ротации к ротации, тем самым подтверждая, что соблюдение севооборота является одним из важных факторов стабилизации урожай-

ности культур и роста эффективного плодородия почвы за счет увеличения объемов поступления органического вещества с корневыми и пожнивными остатками возделываемых культур. В почвенно-климатических условиях Приморского края, при использовании в севообороте многолетних трав и других культур на зеленое удобрение, в среднем без применения систем удобрений возможно получить до 18 ц/га зерн. ед. Установлено, что дальнейший рост продуктивности севооборота невозможен без дополнительного внесения удобрений, прежде всего минеральных, которые позволяют быстро и в нужных количествах обеспечить растения элементами питания. При рациональном использовании различных систем удобрений прибавка продуктивности сельскохозяйственных культур в среднем за девять ротаций севооборота по вариантам опыта превысила контроль на 23,1–25,8 %.

Исследования показали, что продуктивность сельскохозяйственных культур значительно варьирует по ротациям и зависит от эффективности систем удобрений. Так, сравнительно высокая эффективность двойной дозы минеральных удобрений прослеживается со второй по четвертую ротацию, прибавка составила 41,6–53,0 %, в дальнейшем, в восьмой и девятой ротации, при относительно высокой продуктивности в контрольном варианте произошло снижение прибавки до 16,9–27,9 %.

Таблица 1

Продуктивность полевого севооборота по ротациям, ц/га зерн. ед.

Вариант	Ротация севооборота									Средняя с I–IX
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Контроль	10,9	11,2	12,5	13,7	17,7	18,5	21,3	31,9	26,5	18,2
H ₄₀ + I _{4,5} + 1NPK	12,1	17,8	17,6	20,4	20,1	25,5	20,8	39,1	32,4	22,9
H ₄₀ + I _{4,5} + 2NPK	10,0	17,4	17,7	20,3	18,8	27,8	20,4	36,4	34,1	22,5
I _{4,5} + 1NPK	10,8	16,9	16,4	18,6	19,5	25,1	22,1	38,3	33,5	22,4
2NPK	11,6	17,2	17,7	19,7	19,2	24,3	20,4	37,3	33,9	22,4

Главным показателем эффективности применяемых систем удобрений является урожайность сельскохозяйственных культур. Культуры по-разному реагируют на длительное возделывание их в севообороте. Исследования показали, что яровая пшеница в среднем сформировала наибольшую урожайность на минеральной системе с двойной дозой NPK, прибавка к контролю составила 38,0 % (табл. 2). Преимущества комплексной системы с двойной дозой удобрений по сравнению с одинарной дозой не выявлено. Урожайность яровой пшеницы от ро-

тации к ротации повышалась не только за счет севооборота и применения различных систем удобрений, но и за счет использования новых, более продуктивных сортов, что позволило на контрольном варианте к девятой ротации севооборота получить достаточно высокую урожайность – 30,4 ц/га. Проведенный дисперсионный анализ показал, что в среднем за 78-летний период в изменении урожайности вклад сорта составляет 75,4 %, удобрений – 3,9; случайных факторов – 20,7 %.

Урожайность яровой пшеницы по ротациям севооборота, ц/га

Вариант	Ротация севооборота, сорт									Средняя за I–IX ротации
	I. Штрубе	II. Дальневосточная	III. Дальневосточная	IV. Приморская 14	V. Приморская 14	VI. Приморская 21	VII. Приморская 21	VIII. Приморская 39	IX. Приморская 39	
Контроль	9,5	10,8	11,2	14,2	17,6	17,4	6,9	35,8	30,4	17,1
N ₄₀ + I _{4,5} + 1NPK	12,0	18,0	19,5	21,8	20,3	29,0	7,0	45,4	37,3	23,4
N ₄₀ + I _{4,5} + 2NPK	8,2	18,8	20,0	21,4	17,8	31,7	6,3	41,1	41,0	22,9
I _{4,5} + 1NPK	10,9	17,4	16,8	20,2	19,1	30,5	7,2	44,7	37,4	22,7
2NPK	11,5	18,2	20,4	21,8	19,1	30,5	5,7	44,1	41,5	23,6
Среднее по сорту	10,4	16,6	17,6	19,9	18,8	27,8	6,6	42,2	37,5	21,9

Установлено, что урожайность сои сорта Приморская 529 с первой по пятую ротацию севооборота не превышала 17,2 ц/га (табл. 3). В дальнейшем, после смены на более продуктивные сорта, была получена максимальная урожайность у сорта Муссон в девятой ротации с применением одинарной дозы (N₃₀P₄₅K₄₅) ми-

неральных удобрений на фоне извести. В среднем за период исследований прибавка урожайности по сравнению с контролем варьировала от 7,6 до 15,9 %. Дисперсионный анализ показал, что доля влияния сорта на урожайность сои составляет 78,6 %; удобрений – 4,9; случайных факторов – 16,5 %.

Таблица 3

Урожайность сои по ротациям севооборота, ц/га

Вариант опыта	Ротация севооборота, сорт									Средняя за I–IX ротации
	I. Приморская 529	II. Приморская 529	III. Приморская 529	IV. Приморская 529	V. Приморская 529	VI. Приморская 13	VII. Приморская 69	VIII. Приморская 81	IX. Муссон	
Контроль	13,0	10,0	11,5	11,2	15,1	16,7	22,3	22,4	19,4	15,7
N ₄₀ + I _{4,5} + 1NPK	10,4	15,1	14,0	16,2	17,2	18,8	21,7	25,3	23,5	18,0
N ₄₀ + I _{4,5} + 2NPK	13,1	13,8	13,8	16,4	16,7	20,4	21,4	25,1	23,2	18,2
I _{4,5} + 1NPK	9,0	14,1	13,8	14,5	16,9	16,9	23,2	24,6	25,4	17,6
2NPK	10,2	13,9	13,6	15,1	16,5	15,4	21,7	23,2	22,4	16,9
Среднее по сорту	11,1	13,4	13,3	14,7	14,5	17,6	22,1	24,1	22,8	17,3

В результате исследований за 78 лет выявлено, что сорта по-разному реагировали на изучаемые системы удобрений. Несмотря на значительное влияние сорта на урожайность, нами выявлено стабильное повышение продуктивности изучаемых культур от применения систем удобрений. Рост продуктивности севооборота невозможен без дополнительного внесения удобрений, прежде всего минеральных.

Заключение. В почвенно-климатических условиях Приморского края на лугово-бурой отбеленной почве, при использовании в севообороте многолетних трав и других культур на зеленое удобрение без применения систем удобрений, возможно получить до 18 ц/га зерн. ед. Яровая пшеница формирует наибольшую урожайность на минеральной системе с двойной дозой N₆₀P₉₀K₉₀. Максимальная урожайность у

сои сорта Муссон выявлена в девятой ротации с применением одинарной дозы минеральных удобрений $N_{30}P_{45}K_{45}$ на фоне извести. Прибавка урожайности сои по сравнению с контролем варьировала от 7,6 до 15,9 %. В увеличении урожайности вклад сорта составляет у яровой пшеницы 75,4 %; вклад систем удобрений – 3,9, у сои – 78,6 и 4,9 % соответственно.

Таким образом, для достижения наибольшей урожайности сои и пшеницы в хозяйствах Приморского края необходимо широкое использование зеленых удобрений и комплексных минеральных удобрений с высоким содержанием азота, фосфора и калия для пшеницы и средним их содержанием для сои.

Список источников

1. Понкратенкова И.В., Гаврилова А.Ю., Мерзлая Г.Е. Динамика продуктивности полевого севооборота и агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Сб. ст. по мат-лам V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию каф. технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ / под ред. А.А. Нестеренко. Краснодар, 2019. С. 424–428.
2. Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т. Система удобрений как средство воспроизводства плодородия почвы и стабилизации продуктивности полевого севооборота // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 38–41.
3. Жуланова В.Н., Жарова Т.Ф. Влияние севооборотов на плодородие почв и продуктивность яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2015. № 1. С. 18–22.
4. Рудой Н.Г., Трубников Ю.Н. Продуктивность зернопаропропашного севооборота на черноземах в Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2. С. 134–138.
5. Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Продуктивность севооборота при длительном применении минеральных удобрений в изменяющихся климатических условиях степного Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 21–26.
6. Лукин С.М., Мерзлая Г.Е. Сравнительная эффективность различных систем удобрения при длительном их применении в севооборотах // Плодородие. 2016. № 5. С. 42–46.

7. Дзюин А.Г. Влияние систем удобрений в длительном стационаре на продуктивность севооборота и агрохимические показатели почвы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 5. С. 103–108.
8. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С.Х. Дзанагов [и др.] // Агрохимия. 2019. № 4. С. 31–38.
9. Методологические основы производства заданного количества продовольственного зерна в севооборотах Центрального Черноземья / А.С. Акименко [и др.] // Земледелие. 2021. № 4. С. 10–13.
10. Влияние различных систем удобрений на урожайность сои и пшеницы в севообороте длительного опыта на агрохимическом стационаре ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки / Р.В. Тимошинов [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2021. № 3. С. 75–80.
11. Налуухин А.Н. 80 лет Географической сети опытов с удобрениями // Плодородие. 2021. № 3. С. 6–8.

References

1. Ponkratenkova I.V., Gavrilova A.Yu., Merzlaya G.E. Dinamika produktivnosti polevogo sevooborota i agrohimicheskikh svojstv dernovo-podzolistoj pochvy pri dlitel'nom primenenii udobrenij // Sb. st. po mat-lam V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyasch. 15-letiyu kaf. tehnologii hraneniya i pererabotki zhivotnovodcheskoj produkcii Kubanskogo GAU / pod red. A.A. Nesterenko. Krasnodar, 2019. S. 424–428.
2. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T. Sistema udobrenij kak sredstvo vosproizvodstva plodorodiya pochvy i stabilizacii produktivnosti polevogo sevooborota // Vestnik Rossijskoj sel'sko-hozyajstvennoj nauki. 2020. № 1. S. 38–41.
3. Zhulanova V.N., Zharova T.F. Vliyanie sevooborotov na plodorodie pochv i produktivnost' yarovojs pshenicys // Vestnik KrasGAU. 2015. № 1. S. 18–22.
4. Rudoj N.G., Trubnikov Yu.N. Produktivnost' zernoparopropashnogo sevooborota na chernozemah v Prienisejskoj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2016. № 2. S. 134–138.
5. Zhuravlev D.Yu., Yaroshenko T.M., Klimova N.F. Produktivnost' sevooborota pri dlitel'nom prime-

- nenii mineral'nyh udobrenij v izmenyayuschihsya klimaticheskikh usloviyah stepnogo Povolzh'ya // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2022. № 5. S. 21–26.
6. *Lukin S.M., Merzlaya G.E.* Sravnitel'naya `effektivnost' razlichnyh sistem udobreniya pri dlitel'nom ih primenении v sevooborotah // *Plodorodie*. 2016. № 5. S. 42–46.
 7. *Dzyuin A.G.* Vliyanie sistem udobrenij v dlitel'nom stacionare na produktivnost' sevooborota i agrohimiicheskie pokazateli pochvy // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2019. № 5. S. 103–108.
 8. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na pokazateli rosta, urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy / *S.H. Dzanagov* [i dr.] // *Agrohimiya*. 2019. № 4. S. 31–38.
 9. Metodologicheskie osnovy proizvodstva zadannogo kolichestva prodovol'stvennogo zerna v sevooborotah Central'nogo Chernozem'ya / *A.S. Akimenko* [i dr.] // *Zemledelie*. 2021. № 4. S. 10–13.
 10. Vliyanie razlichnyh sistem udobrenij na urozhajnost' soi i pshenicy v sevooborote dlitel'nogo opyta na agrohimiicheskom stacionare FNC agrobiotekhnologii Dal'nego Vostoka im. A.K. Chajki / *R.V. Timoshinov* [i dr.] // *Vestnik DVO RAN*. 2021. № 3. S. 75–80.
 11. *Naljuhina A.N.* 80 let Geograficheskoj seti opytov s udobreniyami // *Plodorodie*. 2021. № 3. S. 6–8.

Статья принята к публикации 09.03.2023 / The article accepted for publication 09.03.2023.

Информация об авторах:

Роман Витальевич Тимошинов¹, заведующий отделом земледелия и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Жоржевна Кушаева², научный сотрудник отдела земледелия и агрохимии

Людмила Евгеньевна Марчук³, научный сотрудник отдела земледелия и агрохимии

Александр Алексеевич Дубков⁴, аспирант, научный сотрудник отдела земледелия и агрохимии

Алексей Григорьевич Клыков⁵, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, доктор биологических наук, академик РАН

Information about the authors:

Roman Vitalievich Timoshinov¹, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Candidate of Agricultural Sciences

Elena Zhorzhevna Kushaeva², Researcher at the Department of Agriculture and Agrochemistry

Lyudmila Evgenievna Marchuk³, Researcher at the Department of Agriculture and Agrochemistry

Alexander Alekseevich Dubkov⁴, Postgraduate Student, Researcher, Department of Agriculture and Agrochemistry

Alexey Grigorievich Klykov⁵, Head of the Department of Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops, Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

