

УДК 581.149

DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-27-31

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ  
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВОМ СЕВОБОРОТЕ  
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

**С. А. Замятин, Р. Б. Максимова, А. Ю. Ефимова**

*Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, п. Руэм, Республика Марий Эл*

Правильное внесение минеральных удобрений обеспечивает увеличение урожайности, улучшая качество продукции. Условия питания растений в почве зависят от доз, сроков и способов внесения удобрений. Для эффективного использования минеральных удобрений при длительном применении необходимо детальное, систематическое исследование почв и влияние их на урожай, на стойкость растений. Поиск экологически безопасных путей, увеличивающих урожайность культур и улучшающих качество продукции, является важной научной и практической задачей современного земледелия. Цель данной работы – изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность шестипольных полевых севооборотов с различным насыщением зерновыми культурами. В многолетних опытах исследовано действие минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и продуктивность культур шестипольного полевого севооборота. В результате исследований установлено, что применение в полевых севооборотах минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  по отношению к вариантам без внесения удобрений способствовало увеличению урожайности на 24,6–37,8 %, кормовых единиц на 17,7–35,8 %, сбора сухого вещества на 15,4–33,8 %, обменной энергии на 16,5–35,2 % независимо от степени насыщенности зерновыми агрофитоценозами. Внесение минеральных удобрений в полевом севообороте способствовало значительному увеличению продуктивности полевых культур, что подтверждает высокую отзывчивость культур севооборота на минеральные удобрения. Необходимо отметить, что севооборот с наименьшим насыщением зерновыми культурами более отзывчив на применение минеральных удобрений: увеличение продуктивности гектара севооборотной площади составило 11,2–16,0 % в сравнении с вариантом без удобрений. Длительное применение минеральных удобрений по всем севооборотам повысило выход кормовых единиц на 20 % в сравнении с естественным плодородием почвы.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, полевой севооборот, урожайность, обменная энергия, сухое вещество, кормовые единицы.

**EFFECTIVENESS OF LONG SYSTEMATIC FERTILIZER APPLICATION  
IN FIELD CROP ROTATION IN THE REPUBLIC OF MARI EL**

**S. A. Zamyatin, R. B. Maksimova, A. Yu. Efimova**

*Mari Agricultural Research Institute – branch of FASC of North-East, Ruem, Mari El Republic*

Correct application of mineral fertilizers provides an increase in productivity, improving the quality of products. The conditions for plant nutrition in soil depend on the doses, timing and methods of fertilization. For the effectiveness of mineral fertilizers, in case of its long-term use, a detailed, systematic study of soils and their impact on yields and on the plant resistance is necessary. The search for environmentally friendly ways, increasing crop yields and improving the quality of products, is an important scientific and practical task of modern agriculture. The purpose of this work is to study the effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of six-field crop rotations with different grain crops saturation. During the long-term experiments, the effect of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic medium-loamy soil and on the productivity of crops of six-field crop rotation was studied. As a result of the research it was established that the use of mineral fertilizers in the field crop rotations at a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  in relation to the variants without fertilizers contributed to an increase in yield by 24.6–37.8 %, fodder units by 17.7–35.8 %, collection of dry matter by 15.4–33.8 %, exchange energy by 16.5–35.2 %, regardless of the degree of saturation of grain agrophytocenosis. The application of mineral fertilizers in field crop rotation contributed to a significant increase in the yield of field crops, which confirms the high responsiveness of crop rotation to mineral fertilizers. It should be noted that the crop rotation with the least grain saturation is more responsive to the use of mineral fertilizers: an increase in the yield per hectare of crop rotation area was 11.2–16.0 % compared

to the variant without fertilizers. Long-term use of mineral fertilizers for all crop rotations increased the yield of feed units by 20 % in comparison with the natural fertility of the soil.

**Keywords:** mineral fertilizers, field crop rotation, yield, exchange energy, dry matter, fodder units.

Большая часть территории Республики Марий Эл занята кислыми дерново-подзолистыми почвами, которые имеют низкое естественное плодородие. На фоне сокращения объемов известкования и применения органических удобрений получать на них устойчивые стабильные урожаи весьма сложно, поэтому применение минеральных удобрений – эффективный путь создания оптимальных условий питания растений и положительного баланса биогенных элементов. Этому способствует и наличие достаточного количества атмосферных осадков в регионе [3; 6].

Правильное внесение минеральных удобрений обеспечивает увеличение урожайности, улучшая качество продукции. Условия питания растений в почве зависят от доз, сроков и способов внесения удобрений. Для эффективного использования минеральных удобрений при длительном применении необходимо детальное, систематическое исследование почв и влияние их на урожай, на стойкость растений [2; 5; 9].

Поиск экологически безопасных путей, увеличивающих урожайность культур и улучшающих качество продукции, является важной научной и практической задачей современного земледелия [4; 7].

Исходя из вышеизложенного, основанием для наших исследований стало недостаточное количество данных о влиянии длительного внесения минеральных удобрений в полевых севооборотах в условиях Республики Марий Эл.

**Цель работы** – изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность шестипольных полевых севооборотов с различным насыщением зерновыми культурами.

#### **Материалы и методы исследований**

Экспериментальная часть работ была выполнена на стационарном участке опытного поля Марийского НИИСХ в 2012–2017 годах. Закладка опыта – 2-факторная: фактор А – виды севооборотов, фактор Б – внесение минеральных удобрений.

Схема опыта.

Фактор А – виды севооборотов:

1. Зерновой (овес + клевер, клевер 1 г. п., озимая рожь, викоовсяная смесь на зерно, яровая пшеница, ячмень) – 83 % зерновых (контроль).

2. I плодосменный (викоовсяная смесь на зеленую массу, озимая рожь, ячмень, картофель, викоовсяная смесь на зерно, яровая пшеница) – 67 % зерновых.

3. II плодосменный (викоовсяная смесь на зерно, яровая пшеница, картофель, ячмень + клевер, клевер 1 г. п., озимая рожь) – 67 % зерновых.

4. Зернотравянопропашной севооборот (ячмень + клевер, клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., озимая рожь, картофель, овес) – 50 % зерновых.

Фактор В – внесение минеральных удобрений:

1. Контроль (без удобрений);

2.  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Повторность вариантов в опыте трехкратная. Общая площадь делянок главного фактора, который является одним из видов севооборота, составила  $330 \text{ м}^2$  ( $30 \times 12 \text{ м}$ ). Каждая из опытных делянок поделена на две части по  $165 \text{ м}^2$  ( $15 \times 12 \text{ м}$ ) для определения эффективности вносимых минеральных удобрений. Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами по Б. А. Доспехову<sup>1</sup>.

Почва экспериментального участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. В момент закладки опыта пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,72, рН водной суспензии – 5,67, показатель гидролитической кислотности составил 1,7 мг экв на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 7,9 мг экв на 100 г почвы. Обеспеченность почвы подвижным фосфором составила в пределах 270, обменным калием – 130 мг на 1 кг почвы.

*Агротехника возделывания культур, общепринятая для условий Республики Марий Эл.* Исследования сопровождались изучением факторов

<sup>1</sup> Доспехов Б. А. Методы полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, дополненное и переработанное. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

внешней среды, биометрическими измерениями, агрохимическими анализами почвы и растений.

Метеорологические условия в годы исследований различались между собой как по количеству выпавших осадков и характеру распределения, так и по температуре окружающей среды в течение вегетации, что позволило дать объективную оценку влияния изучаемых агроприемов на уровень продуктивности севооборотов.

#### Результаты исследований

Большим резервом повышения продуктивности севооборота является полное использование

потенциальных возможностей сельскохозяйственных культур и совершенствование технологии возделывания и ее элементов, одним из которых, наиболее эффективным и быстродействующим, является использование минеральных удобрений [8]. Главным критерием эффективности внесения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур является получение урожая [1]. Данные о продуктивности изучаемых полевых севооборотов в зависимости от степени насыщенности их злаковыми культурами и внесения минеральных удобрений представлены в таблице.

Продуктивность севооборота (среднее за 2012–2017 гг.) /  
Crop rotation productivity (average for 2012–2017)

Вид севооборота / Type of crop rotation	Минеральные удобрения (фактор А) / Mineral fertilizers (A factor)	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha	Сухое вещество, т/га / Dry matter, t/ha	Кормовые единицы, тыс. к. е./га / Fodder unites, thousands of f.u./ha	Обменная энергия, ГДж/га / Exchange energy, GJ/ha
Зерновой	б/у	5,41	2,49	2,18	25,63
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,74	2,96	2,76	31,62
Плодо-сменный I	б/у	3,09	1,51	1,48	16,52
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,26	2,02	2,01	22,33
Плодо-сменный II	б/у	10,34	3,11	2,81	32,65
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,15	3,59	3,31	38,03
Зернотравянопропашной	б/у	17,83	4,46	3,64	44,58
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,65	5,45	4,65	55,03
НСР <sub>05</sub> частных различий			0,8	1,2	1,5
НСР <sub>05</sub> фактора А (севооборот)			1,5	0,8	1,0
НСР <sub>05</sub> фактора В (удобрения)			1,1	0,6	0,7

Надо отметить, что наименьшую урожайность в полевых агроценозах дал ячмень в первом плодосменном севообороте на фоне естественного плодородия почвы – 0,92 т/га. Наибольшую урожайность сформировал клевер первого года пользования в зернотравянопропашном севообороте. Эта культура существенно среагировала как на минеральные удобрения, так и на погодные условия. Так, за два укоса на этом варианте урожайность составила 77,23 т/га зеленой массы.

Культуры второго плодосменного севооборота по сравнению с культурами контрольного севооборота сопровождалась повышением сбора сухого вещества на 22,7 %. Зернотравянопропашной севооборот с насыщением зерновыми культурами до 50 % способствовал дальнейшему росту сбора сухого вещества на 81,5 % по отно-

шению к контролю, и на 47,8 % – ко второму плодосменному севообороту. Наименьшая продуктивность была в первом полевом севообороте – 1,77 т/га сухого вещества. Это на 54,2 % ниже контрольного варианта. Аналогичная картина наблюдается и при анализе севооборотов по обменной энергии.

Во втором плодосменном севообороте на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> продуктивность каждого гектара пашни севооборота по сбору сухого вещества составила 3,59 т/га. Этот показатель был на 21 % выше по сравнению с контролем с аналогичными дозами удобрений.

Зернотравянопропашной севооборот на фоне применения минеральных удобрений обеспечил в среднем за годы наблюдений сбор 5,45 т/га сухого вещества, что на 51,8 % и 84,1 % выше,

чем второй плодосменный и зерновой севооборота при аналогичном удобрении. Такая же картина наблюдается и при анализе продуктивности этого севооборота по сбору кормовых единиц и обменной энергии.

**Заключение.** Таким образом, внесение минеральных удобрений в полевом севообороте способствовало значительному увеличению продуктивности изученных культур, что подтверждает высокую отзывчивость культур севооборота

на минеральные удобрения. Необходимо отметить, что севооборот с наименьшим насыщением зерновыми культурами более отзывчив на применение минеральных удобрений: увеличение продуктивности гектара севооборотной площади составило 11,2–16,0 % в варианте без удобрений.

Длительное применение минеральных удобрений во всех севооборотах повысило выход кормовых единиц на 20 % в сравнении с естественным плодородием почвы.

### Литература

1. Ефимова А. Ю., Замятин С. А., Максуткин С. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность полевых севооборотов // Материалы IV Междунар. научно-практич. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2018. С. 227–230.
2. Замятин С. А., Ефимова А. Ю. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели в условиях дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Республики Марий Эл // Разработка и внедрение почвозащитных энергоберегающих технологий – основной путь повышения рентабельности и экологической безопасности растениеводства на современном этапе: материалы Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием, 7–8 июля 2016 г. / ФГБНУ Удмурский НИИСХ. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. С. 60–65.
3. Замятин С. А., Измest'ев В. М. Влияние культур севооборота на среднегодовое поступление растительных остатков за ротацию севооборотов // Вестник Марийского государственного университета. 2016. № 1 (5). С. 18–21.
4. Козлова Л. М., Денисова А. В., Жук С. Н. Севооборот как резерв восполнения органического вещества и ресурсосбережения // Материалы IV Междунар. научно-практич. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2018. С. 233–238.
5. Лебедев Л. А. Минеральные удобрения на дерново-подзолистых почвах. М.: Изд-во Московского университета, 1984. 3 с.
6. Новоселов С. И. Влияние севооборота и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. № 1 (9). С. 60–65.
7. Новосёлов С. И., Новосёлова Е. С., Завалин А. А. Эффективность использования биологического азота в земледелии Нечерноземья: монография. Йошкар-Ола, 2012. 3 с.
8. Трубников Ю. Н. Минеральные удобрения и продуктивность полевого севооборота в условиях Подтайги Приенисейской Сибири // Земледелие. 2011. № 5. С11–13.
9. Ямалиева А. М., Замятин С. А., Максуткин С. А. Роль удобрений в формировании почвенной микрофлоры при возделывании озимой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. Т. 2. № 2 (6). С. 61–64.

### References

1. Efimova A. Yu., Zamyatin S. A., Maksutkin S. A. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenij na produktivnost' polevykh sevooborotov [Effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of field crop rotations]. *Materialy IV Mezhduнародной nauchno-prakticheskoy konferencii «Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve»* = Materials of the IV International scientific and practical conf. "Methods and technologies in plant breeding and crop production", Kirov, FANC Severo-Vostoka, 2018, pp. 227–230. (In Russ.).
2. Zamyatin S. A., Efimova A. Yu. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na agrohimicheskie pokazateli v usloviyakh derново-podzolistykh srednesuglinistykh pochv Respubliki Marij El [Effect of long-term use of fertilizers on agrochemical parameters in conditions of sod-podzolic medium-loamy soils of the Republic of Mari El]. *Razrabotka i vnedrenie pochvozashchitnykh energosberegayushchikh tekhnologij – osnovnoj put' povysheniya rentabel'nosti i ekologicheskoy bezopasnosti rastenievodstva na sovremennom ehstage: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhduнародnym uchastiem, 7–8 iyulya 2016 g.* = Development and introduction of soil-protective energy-saving technologies-is the main way to improve the profitability and environmental safety of crop production at the present stage: materials of All-Russian scientific and practical conf. with international participation, 7–8 July 2016, FGBNU Udmurskij NIISKH, Izhevsk, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016, pp. 60–65. (In Russ.).
3. Zamyatin S. A., Izme'st'ev V. M. Vliyanie kul'tur sevooborota na srednegodovoe postuplenie rastitel'nykh ostatkov za rotatsiyu sevooborotov [The effect of crop rotation cultures on the average annual flow of crop residues during rotation of the crop rotation]. *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta* = Vestnik of the Mari State University, 2016, no. 1 (5), pp. 18–21. (In Russ.).
4. Kozlova L. M., Denisova A. V., Zhuk S. N. Sevooborot kak rezerv vospolneniya organicheskogo veshchestva i resursoberezheniya [Crop rotation as a reserve of organic matter replenishment and resource saving]. *Materialy IV Mezhduнародной nauchno-prakticheskoy konferencii «Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve»* = Materials of the IV International scientific and practical conf. "Methods and technologies in plant breeding and crop production", Kirov, FANC Severo-Vostoka, 2018, pp. 233–238. (In Russ.).

5. Lebedev L. A. Mineral'nye udobreniya na demovo-podzolistykh pochvakh [Mineral fertilizers on sod-podzolic soils]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1984, 3 p. (In Russ.).

6. Novosyolov S. I. Vliyaniye sevooborota i udobrenij na urozhajnost' sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Influence of crop rotation and fertilizers on the crop yield], *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyajstvennye nauki. EHkonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2017, no. 1 (9), pp. 60–65. (In Russ.).

7. Novosyolov S. I., Novosyolova E. S., Zavalin A. A. Enffektivnost' ispol'zovaniya biologicheskogo azota v zemledelii Nechernozem'ya [Efficiency of use of biological nitrogen in agriculture of Nonblack Earth Region]. Yoshkar-Ola, 2012, 3 p. (In Russ.).

8. Trubnikov Yu. N. Mineral'nye udobreniya i produktivnost' polevogo sevooborota v usloviyakh Podtajgi Prienisejskoj Sibiri [Mineral fertilizers and productivity of field crop rotation in the conditions of sub-Taiga of the Yenisei Siberia]. *Zemledelie* = Agriculture, 2011, no. 5, pp. 11–13. (In Russ.).

9. Yamalieva A. M., Zamyatin S. A., Maksutkin S. A. Rol' udobrenij v formirovanii pochvennoj mikroflory pri vozdelevanii ozimoj pshenitsy [The role of fertilizers in the formation of soil microflora in the cultivation of winter wheat]. *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyajstvennye nauki. EHkonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University, Chapter "Agriculture. Economics", 2016, vol. 2, no. 2 (6), pp. 61–64. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 23.06.2018 г.

Submitted 23.06.2018.

**Для цитирования:** Замятин С. А., Максимова Р. Б., Ефимова А. Ю. Эффективность длительного систематического внесения минеральных удобрений в полевом севообороте в условиях Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. Т. 4. № 3. С. 27–31. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-27-31

**Citation for an article:** Zamyatin S. A., Maksimova R. B., Efimova A. Yu. Effectiveness of long systematic fertilizer application in field crop rotation in the Republic of Mari El. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2018. vol. 4, no. 3, pp. 27–31. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-27-31

**Замятин Сергей Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом, Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, п. Руэм, Республика Марий Эл, [zamyatin.ser@mail.ru](mailto:zamyatin.ser@mail.ru)

**Максимова Раисия Болеславовна**, старший научный сотрудник, Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, п. Руэм, Республика Марий Эл, [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)

**Ефимова Александра Юрьевна**, младший научный сотрудник, Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, п. Руэм, Республика Марий Эл, [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)

**Sergei A. Zamyatin**, Ph. D. (Agriculture), head. Department, Mari Agricultural Research Institute – branch of FASC of North-East, Ruem, Mari El Republic, [zamyatin.ser@mail.ru](mailto:zamyatin.ser@mail.ru)

**Raisiya B. Maximova**, senior researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of FASC of North-East, Ruem, Mari El Republic, [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)

**Alexandra Yu. Efimova**, junior researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of FASC of North-East, Ruem, Mari El Republic, [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)