

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ СЕВОБОРОТАХ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

Раисия Болеславовна Максимова, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0324-8525

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. В условиях нестабильного сельскохозяйственного производства, экологической разбалансированности окружающей среды севообороты должны строиться на принципах, сочетающих доходность производства, экологическую чистоту получаемой продукции с сохранением и повышением плодородия почвы. Внедрение интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в которой важное значение имеют минеральные удобрения – надежный путь повышения их урожайности. В многолетних опытах изучали влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность шестипольных полевых севооборотов с различным насыщением их зерновыми культурами. Цель работы – определить экономическую эффективность полевых севооборотов в зависимости от уровня минерального питания на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Республики Марий Эл. Установлено, что все изучаемые севообороты обеспечили высокую продуктивность. При насыщении севооборотов зерновыми культурами выход кормовых единиц за ротацию составил 13,66–18,01 тыс. к.е./га, а бобовыми – 21,05–28,76 тыс. к.е./га. Замена зерновых культур на картофель и однолетние травы в I плодосменном севообороте привела к уменьшению продуктивности на 14,3–21,7% в зависимости от удобрений. Применение навоза под картофель во II и двух полей клевера в III плодосменном севообороте, наоборот, увеличило продуктивность на 20,1–23,6 и 54,1–59,7% соответственно. Наиболее высокая рентабельность отмечена в севооборотах с внесением навоза под картофель во II плодосменном и при возделывании клевера на двух полях в III плодосменном севооборотах. При насыщении на 83,4% зерновыми культурами и возделывании картофеля и однолетних трав рентабельность снижается. Наибольший чистый доход за ротацию (21,86–34,47 тыс. руб./га) получен в III плодосменном севообороте (клевер на двух полях).

Ключевые слова: Республика Марий Эл, экономическая эффективность, севооборот, минеральные удобрения, рентабельность, ротация севооборота

LONG TERM FERTILIZERS APPLICATION INFLUENCE ON ECONOMIC PARAMETERS OF CULTIVATED CROPS IN CROP ROTATIONS IN MARI EL REPUBLIC

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

R.B. Maksimova, Researcher, ORCID ID: 0000-0002-0324-8525

Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Ruem village, Mari El Republic, Russia
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. In conditions of unstable agricultural production, ecological imbalance of the environment, crop rotations should be based on principles that combine the profitability of production, the ecological purity of the products obtained, with the preservation and increase of soil fertility. The introduction of intensive technology for the cultivation of agricultural crops, in which mineral fertilizers are important, is a reliable way to increase their productivity. In long-term experiments, we studied the effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of six-field field crop rotations with different saturation of them with grain crops. The purpose of the work is to determine the economic efficiency of field crop rotations depending on the level of mineral nutrition on soddy-podzolic medium loamy soil in the conditions of the Republic of Mari El. As a result of the research, it was found that on soddy-podzolic soils, all the studied crop rotations ensured high productivity. When crop rotations were saturated with grain crops, the yield of fodder units per rotation was 13.66–18.01 thousand k.u./ha, with saturation with legumes p – 21.05–28.76 thousand k.u./ha per rotation. The replacement of grain crops with potatoes and annual grasses in the first crop rotation led to a decrease in productivity by 14.3–21.7%, depending on the use of fertilizers. The use of manure for potatoes in the second crop rotation and two fields of clover in the III crop rotation, on the contrary, increased the productivity of the crop rotation by 20.1–23.6% and 54.1–59.7%, respectively. The highest profitability was noted in crop rotations with the introduction of manure for potatoes in the II crop rotation and in the cultivation of clover in two fields in the III crop rotation. In crop rotations with saturation of 83.4% with grain crops, and the cultivation of potatoes and annual grasses, profitability decreases. The highest net income per rotation (21.86–34.47 thousand rubles/ha) was obtained in the third crop rotation, where clover was cultivated in two fields.

Keywords: Mari El Republic, economic efficiency, crop rotation, mineral fertilizers, profitability, rotation of crop rotation

Севооборот – один из основных элементов эффективного использования земли и ведения научно обоснованной системы земледелия. В нем происходит чередование культур во времени и

пространстве, применяется дифференцированная агротехника, система удобрения, организация и использование передовых технических и других ресурсов.

Исследования и разработки, выполненные во многих странах, доказывают, что севооборот улучшает водно-физические свойства и плодородие почв, увеличивает микробиологическую активность в них, помогает в борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, повышает качество возделываемых культур. Поэтому, при разработке севооборотов важно иметь оптимальный набор сельскохозяйственных культур и размещать их по полям при минимальных затратах энергетических ресурсов. [13]

При введении и освоении севооборотов большое значение уделяется их экономической оценке, особенно выходу валовой продукции на единицу земельной площади.

Аграрии Северо-Востока Нечерноземной зоны России, имея в своем землепользовании бедные по плодородию дерново-подзолистые почвы различной степени окультуренности, для увеличения продуктивности зерновых культур применяют адаптированные ресурсосберегающие агротехнологии, в которых уровень минерального удобрения определяется величиной дозы питательного вещества установленной опытным путем. По полученным данным в условиях Республики Марий Эл [6–8], один из наиболее существенных факторов повышения урожайности и качества зерна – сбалансированное обеспечение растений элементами минерального питания, особенно азотом.

В исследованиях Толмачева [12] минеральные удобрения и сидеральные культуры повысили экономическую эффективность возделываемых культур. При выращивании озимой ржи по чистому пару без минеральных удобрений получено 5,8 тыс. руб./га чистого дохода, по сидеральному пару – 10,3 тыс. руб./га. На картофеле производственные затраты (120,2...122,7 тыс. руб./га) зависели от удобрений. Разницы затрат от применяемых минеральных удобрений по видам севооборота не было. При выращивании ячменя затраты без внесения удобрений – 7,9 тыс. руб./га, с минеральными удобрениями – 9,2. Наибольшая рентабельность возделываемых культур получена с использованием минеральных удобрений. Минимальные затраты (137,8 тыс. руб./га) – в севообороте с чистым паром, без минеральных удобрений, наибольшие (149,2 тыс. руб./га) – с чистым паром и применением в качестве основной обработки почвы дискования и минеральных удобрений, а также в севообороте с сидеральным паром и удобрениями.

С.Ю. Плотниковым [11] в севообороте черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень установлено преимущество комбинированной обработки по сравнению с обычной отвальной и безотвальной. Условно чистый доход в этом варианте – 5,3 тыс. руб./га, рентабельность – 30%, что на 36...89% выше, чем при других приемах обработки почвы.

В исследованиях Н.А. Ивановой [3] наиболее эффективным было возделывание картофеля при внесении серы в виде сульфата аммония в дозе 60 кг/га. В данном варианте получен максимальный доход – 108395 руб./га, наивысший уровень рентабельности – 112,7% и наименьшая себестоимость 1 т клубней картофеля – 2821,2 руб. При использовании серного удобрения с ростом урожайности зеленой массы викоовсяной смеси возрастали чистый доход и рентабельность производства. Наиболее рента-

бельным было возделывание викоовсяной смеси при дозе серы 40 кг/га, уровень рентабельности – 40,1%, себестоимость 1 т зеленой массы – 356,9 руб.

Из-за ограниченных материально-финансовых возможностей социально-экономических условий и экологических проблем, применяемые в регионе системы земледелия, в том числе, севообороты требуют дальнейшего совершенствования. Нарушение в системе севооборотов принципа плодосмены привело к снижению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. [2, 4]

Правильное внесение минеральных удобрений обеспечивает увеличение урожайности, улучшение качества продукции. Для эффективного использования минеральных удобрений при их длительном применении необходимо детальное, систематическое исследование плодородия почв и влияния его на урожайность растений. [10]

Цель работы – провести сравнительную оценку продуктивности полевых севооборотов в зависимости от уровня минерального питания в условиях Республики Марий Эл и изучить их экономическую эффективность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения эффективности применения удобрений в полевых севооборотах, развернутых во времени, в Марийском НИИСХ (1996–1998 годы) был заложен стационарный полевой опыт. С 2014 по 2019 год и с 2016 по 2021 прошла четвертая ротация полевых севооборотов, по ней и проходили наши исследования.

Объект изучения – полевые культуры, севообороты, минеральные удобрения. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, с содержанием в пахотном слое гумуса – 1,72%, общего азота – 0,22%, подвижного фосфора – 270 мг, обменного калия – 130 мг/кг почвы; рН_{сол} – 5,77 ед., гидролитическая кислотность – 1,7 мг-экв / 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 7,9 мг-экв / 100 г почвы.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований сильно варьировали. Более влажные 2019 и 2020 годы, а 2021 был засуш-

Таблица 1.

Схема опыта

Севооборот, Фактор А	Насыщение зерновыми культурами, %	Минеральные удобрения, Фактор В
1. Зернотравной (овес + клевер, клевер 1 г. п., озимые, вика/овес на зерно, яровая пшеница, ячмень)	83	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
2. I-й плодосменный (вика/овес на зеленую массу, озимые, ячмень, картофель, вика/овес на зерно, яровая пшеница)	67	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
3. II-й плодосменный (вика/овес на зерно, яровая пшеница, картофель (навоз 80 т/га), ячмень + клевер, клевер 1 г.п., озимые)	67	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
4. III-й плодосменный (ячмень + клевер, клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., озимые, картофель, овес)	50	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Таблица 2.

Экономическая эффективность полевых севооборотов, в среднем за 2014–2021 годы

Севооборот, Фактор А	Удобрения, Фактор В	Получено за ротацию		Стоимость валовой продукции, руб.	Прямые затраты, руб.	Чистый доход, руб.	Рентабельность, %
		зерна, т/га	к.ед., т к.ед./га				
Зернотравяной	Без удобрений	10,35	13,66	18,64	11,50	7,14	62,72
	НРК	14,34	18,01	24,34	15,39	8,95	58,80
	Среднее	12,34	15,83	21,49	13,45	8,04	60,76
I-й плодосменный	Без удобрений	7,62	11,22	34,97	29,76	5,21	15,88
	НРК	10,94	15,76	47,98	34,10	13,88	39,07
	Среднее	9,28	13,49	41,48	31,93	9,54	27,48
II-й плодосменный	Без удобрений	9,88	16,89	50,33	31,29	19,04	60,83
	НРК	13,62	21,63	61,12	35,26	25,85	73,74
	Среднее	11,75	19,26	55,72	33,28	22,45	67,28
III-й плодосменный	Без удобрений	7,29	21,05	52,24	30,38	21,86	72,04
	НРК	10,35	28,76	68,51	34,04	34,47	101,44
	Среднее	8,82	24,90	60,37	32,21	28,16	86,74
Без удобрений		8,78	15,70	39,05	25,73	13,31	52,87
НРК		12,31	21,04	50,49	29,70	20,79	68,26
НСР частных различий		3,62	6,18	7,98	3,71	2,73	6,13
НСР фактор А		0,65	3,12	3,90	1,39	1,91	5,19
НСР фактор В		2,55	4,21	5,34	2,48	1,83	3,82

ливый. Во все годы отмечалась засуха разной продолжительности и интенсивности. Схема опыта представлена в таблице 1.

Во II плодосменном севообороте под картофель вносили навоз в дозе 80 т/га, минеральные удобрения – в сбалансированном соотношении основных элементов по $N_{60}P_{60}K_{60}$ в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия. Под многолетние бобовые травы и их предшественники азотные удобрения не вносили.

Закладку полевого опыта и статистическую обработку результатов исследований проводили методами дисперсионного и корреляционного анализа по методике Б.А. Доспехова, наблюдения и учеты в полевых экспериментах – по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [1, 9] Экономическую эффективность рассчитывали по методическим рекомендациям разработанным Т.П. Кокуриным, Н.Н. Прохоровой с учетом фактических затрат. [5] Стоимость произведенной продукции определяли умножением величины урожая на среднерыночную цену продукции, сложившуюся на рынке республики в годы исследований.

Стоимость производимого урожая находили, используя значение средней закупочной цены на производство основной продукции в полевых севооборотах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Наибольший выход зерна (10,35 т/га) отмечен в севооборотах с насыщением зерновыми до 83,4% в вариантах без применения удобрений и 14,34 с их использованием. Но самый высокий выход кормовых единиц был в III плодосменном севообороте с двумя полями клевера и насыщением зерновыми 50,0%. На естественном плодородии почвы он составил 21,05 тыс. к. е./га. С минеральными удобрениями производство кормовых единиц возросло на 30,6% (28,76 тыс. к. е./га).

Установлена корреляционная зависимость между продуктивностью севооборотов и гидротермическим коэффициентом Селянинова (ГТК) вегетационных периодов. В вариантах без удобрений за 2014–2021 годы корреляционная связь составила 0,58 ед. Длительное применение минеральных удобрений повысило ее до 0,71 ед.

На экономические показатели, характеризующие различные виды полевых севооборотов, основное влияние оказывает состав включенных в него культур, затраты на их возделывание и стоимость полученной продукции. Высокую рентабельность в среднем по двум закладкам обеспечил плодосменный севооборот с двумя полями клевера – 86,74%, но отмечены повышенные затраты на возделывание полевых культур (32,21 тыс. руб./га). Самая низкая рентабельность в варианте без удобрений в I плодосменном севообороте (15,88%), высокая – с удобрениями в III (101,44%). Однако наименьший чистый доход был в зернотравяном севообороте без удобрений (7,14 руб./га). С применением минеральных удобрений он увеличился на 25,3% (8,95 руб./га). Наибольший чистый доход был в III плодосменном севообороте. На естественном плодородии почвы он составил 21,86 руб./га. Минеральные удобрения увеличили чистый доход в этом севообороте на 57,7%.

Таким образом, на дерново-подзолистых почвах все севообороты обеспечили высокую продуктивность: при насыщении зерновыми культурами – 13,66...18,01, бобовыми – 21,05... 28,76 тыс. к. е./га за ротацию. Замена зерновых культур на картофель и однолетние травы в I плодосменном севообороте привели к уменьшению продуктивности полевых культур на 14,3...21,7% в зависимости от удобрений. Внесение навоза под картофель во II и применение двух полей клевера в III плодосменном севооборотах, наоборот, увеличили выход кормовых единиц на 20,1...23,6% и 54,1...59,7% соответственно.

Наиболее высокая рентабельность отмечена в севооборотах с внесением навоза под картофель во II и

при возделывании на двух полях клевера в III плодосменном севообороте. При насыщении 83,4% зерновыми, а также возделывании картофеля и однолетних трав рентабельность снижается. Наибольший чистый доход за ротацию (21,86...34,47 тыс. руб./га) получен в III севообороте с клевером на двух полях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджимаров Р.Г. Экономическая эффективность севооборотов при возделывании полевых культур без обработки почвы // Сельскохозяйственный журнал. № 4(12). 2019. С. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
3. Иванова А.В. Баланс серы в севооборотах и эффективность серосодержащих удобрений в условиях дерново-подзолистых почв Республики Марий Эл // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Йошкар-Ола, 2018.
4. Карабутов А.П., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10201.
5. Кокурин Т.П., Прохорова Н.Н. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ // СВ НМЦ РАСХН, типография НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, г. Киров, 2008. 65 с.
6. Лапшин Ю.А., Новоселов С.И., Данилов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(56). С. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
7. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Максимова Р.Б. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65. № 4. С. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
8. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Лапшин Ю.А. Влияние минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых сортов озимой ржи в условиях республики Марий Эл / В.А. Максимов // Зерновое хозяйство России. 4(70) 2020. С. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / [ред. А.И. Григорьева]. М.: Колос, 1989. 194 с.
10. Новосёлов С.И., Новосёлова Е.С., Завалин А.А. Эффективность использования биологического азота в земледелии Нечерноземья // Монография. Йошкар-Ола, 2012. 3 с.
11. Плотников С.Ю. Влияние культур севооборота и основной обработки почвы на формирование элементов эффективного плодородия чернозема, выщелоченного ЦЧР // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Рамонь, 2020. 158 с.
12. Толмачев Н.И. Эффективность использования сидератов в севообороте в зависимости от основной обработки почвы и минеральных удобрений // Дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Йошкар-Ола 2017. 211 с.
13. Шаповал О.А., Можарова И.П., Федотова Л.С. Эффективность применения на картофеле полифункциональных удобрений с аминокислотами в стрессовых условиях // Агрохимия. 2019. № 7. С. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119070123.

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
2. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G. Ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy // Sel'skohozyajstvennyy zhurnal. № 4(12). 2019. S. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
3. Ivanova A.V. Balans sery v sevooborotah i effektivnost' serosoderzhashchih udobreniy v usloviyah dernovo-podzolistykh pochv Respubliki Marij El // Dis. ...kand.s.-h. nauk: 06.01.04. Joshkar-Ola, 2018.
4. Karabutov A.P., Solovichenko V.D., Nikitin V.V. Vosproizvodstvo plodorodiya pochvy, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov // Zemledelie. 2019. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.
5. Kokurin T.P., Prohorova N.N. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom hozyajstve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skih rabot dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti RF // SV NMC RASKHN, tipografiya NIISKH Severo-Vostoka im. N.V. Rudnickogo, g. Kirov, 2008. 65 s.
6. Lapshin Yu.A., Novoselov S.I., Danilov A.V. Vliyaniye mineral'nyh udobrenij na produktivnost' yarovogo tritikale v usloviyah Respubliki Marij El // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3(56). S. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
7. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Maksimova R.B. Vliyaniye raznykh doz azotnoj podkormki na zernovuyu i kormovuyu produktivnost' sortov ozimoy rzhi v usloviyah Respubliki Marij El // Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. 2018. T.65. № 4. S. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
8. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Lapshin Yu.A. Vliyaniye mineral'nyh udobrenij na ekonomicheskie pokazateli vozdeleyvaemykh sortov ozimoy rzhi v usloviyah respubliky Marij El / V.A. Maksimov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 4(70) 2020. S. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Vypusk vtoroj: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury / [red. A.I. Grigor'eva]. M.: Kolos, 1989. 194 s.
10. Novosyolov S.I., Novosyolova E.S., Zavalin A.A. Effektivnost' ispol'zovaniya biologicheskogo azota v zemledelii Nечernozem'ya // Monografiya. Joshkar_Ola, 2012. 3 s.
11. Plotnikov S.Yu. Vliyaniye kul'tur sevooborota i osnovnoj obrabotki pochvy na formirovaniye elementov effektivnogo plodorodiya chernozema, vyshchelochennogo CCHR // Dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.01. Ramon', 2020. 158 s.
12. Tolmachev N.I. Effektivnost' ispol'zovaniya sideratov v sevooborote v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy i mineral'nyh udobrenij // Dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.04. Joshkar-Ola 2017. 211 s.
13. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Fedotova L.S. Effektivnost' primeneniya na kartofele polifunkcional'nyh udobrenij s aminokislottami v stressovykh usloviyah // Agrohimiya. 2019. № 7. S. 75–82. DOI: 10.1134/S0002188119070123.