

**Продуктивность севооборота при длительном применении минеральных удобрений
в изменяющихся климатических условиях степного Поволжья**

Дмитрий Юрьевич Журавлев, Татьяна Михайловна Ярошенко, Надежда Федоровна Климова

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия, e-mail: dmitry_zhuravlev80@mail.ru

Аннотация. В работе проанализированы результаты эффективности применения различных систем минеральных удобрений в шестипольном севообороте, полученные в условиях длительного стационарного опыта за 1969–2018 гг. Установлены характер и степень влияния изменяющихся агроклиматических условий степной зоны Поволжья на продуктивность севооборота как на удобренных, так и неудобренных вариантах опыта. В период с I–IV по V–VIII ротации наблюдали увеличение суммы активных температур за май – июль, рост среднесуточной температуры воздуха в июле в среднем на 1,1 °С, снижение значений гидротермического коэффициента. Рост засушливости климата оказывал негативное влияние на эффективность различных систем удобрений в опыте. Отмечалась тенденция к снижению продуктивности севооборота в период с I–IV по V–VIII ротации. При этом наблюдался рост доли прибавок в полученном урожае от применения минеральных удобрений. Наиболее эффективными в опыте оказались средние и высокие дозы азотно-фосфорных удобрений.

Ключевые слова: минеральные удобрения; длительный стационарный опыт; продуктивность севооборота; чернозем южный; климат; степное Поволжье.

Для цитирования: 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. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp21-26>.

AGRONOMY

Original article

**Productivity of crop rotation with long-term use of mineral fertilizers in the changing climatic conditions of the
steppe Volga region**

Dmitry Yu. Zhuravlev, Tatiana M. Yaroshenko, Nadezhda F. Klimova

Federal Agrarian Scientific Center for South-East Region, Saratov, Russia, e-mail: dmitry_zhuravlev80@mail.ru

Abstract. The paper analyzes the results of the effectiveness of the use of various systems of mineral fertilizers in the six-field crop rotation, obtained under conditions of long-term stationary experience for the period 1969–2018. The nature and degree of influence of the changing agro-climatic conditions of the Volga steppe zone on the productivity of crop rotation on both fertilized and non-fertilized variants of the experiment have been established. In the period from I–IV to V–VIII rotation, there was an increase in the sum of active temperatures for May–July, an increase in the average daily air temperature in July by an average of 1.1 °C, a decrease in hydrothermal coefficient values. The increase in aridity of the climate had a negative impact on the effectiveness of various fertilizer systems in the experiment. There is a tendency to decrease the productivity of crop rotation in the period from I–IV to V–VIII rotation. At the same time, there is an increase in the share of increases in the resulting crop from the use of mineral fertilizers. The most effective in the experiment were medium and high doses of nitrogen-phosphorus fertilizers.

Keywords: mineral fertilizers; long-term stationary experience; crop rotation productivity; Southern Chernozem; climate; steppe Volga region.

For citation: Zhuravlev D. Yu., Yaroshenko T. M., Klimova N. F. Productivity of crop rotation with long-term use of mineral fertilizers in the changing climatic conditions of the steppe Volga region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(5): 21–26 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp21-26>.

Введение. Проблема глобального изменения климата в современных условиях приобрела особое значение для всего человечества. Согласно обобщающему докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) от 2014 г., потепление климатической системы является неоспоримым фактом, а многие произошедшие с 1950-х годов изменения оказались беспрецедентными в масштабах десятилетий и даже тысячелетий. По прогнозам экспертов, сложившаяся тенденция в изменении климата сохранится до конца текущего столетия [17].

Отмеченные изменения оказывают существенное влияние на развитие агропромышленного сектора мировой экономики, ставя под угрозу продовольственную безопасность. Современное сельскохозяйственное производство становится зависимым от теплообеспеченности, водообеспеченности и водопользования [15]. Вместе с тем, в Российской Федерации отмеченные экспертами глобальные климатические изменения могут проявляться по-разному [1, 4, 7, 8, 11]. Учитывая, что обширная территория нашей страны охватывает различные природные зоны, то глубокий всесторонний анализ складывающихся климатических изменений необходимо проводить по отдельным регионам. Это, в свою очередь, позволит выработать конкретные способы адаптации сельскохозяйственного производства. Длительные наблюдения показали, что в условиях степного Поволжья в период наиболее интенсивного потепления климата (1981–2015 гг.) отмечали уменьшение величины гидротермического коэффициента со скоростью 0,04/10 лет, а средняя годовая температура воздуха стала выше климатической нормы (1912–1980 гг.) на 1,4–1,5 °С. Отмечаемый при этом рост интенсивности засух создает угрозу продуктивности в первую очередь яровых зерновых культур [9]. От сельскохозяйственной науки Поволжья это обстоятельство требует выработки целого ряда новых мер по адаптации отрасли растениеводства к сложившимся условиям [2–4, 6, 10].

Главной задачей наших исследований являлась оценка характера изменений агроклиматических условий степной зоны Поволжья за практически полувековой период и степени их влияния на продуктивность севооборота при длительном применении минеральных удобрений. Проведенный ретроспективный анализ охватывает период полного





завершения восьми ротаций шестипольного севооборота (48 лет), что позволило дать оценку эффективности различных доз удобрений в изменяющихся климатических условиях.

Методика исследований. Объектом исследований является длительный полевой стационарный опыт под названием «Разработка зональных систем удобрений в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур». Он закладывался доктором сельскохозяйственных наук, профессором М.П. Чуб и ее сотрудниками в 1969–1971 гг. на плакорно-равнинном агроландшафте в экспериментальном хозяйстве ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (г. Саратов). В настоящее время он зарегистрирован под №15 в «Реестре аттестатов Геосети длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации».

Характеристика опытного участка: почва – чернозем южный, среднегумусный среднесильный тяжелосуглинистый среднесмытый. Перед закладкой в 1968 г. участок имел следующие агрохимические характеристики: содержание гумуса в слое почвы 0–40 см – 4,31 %, общего азота – 0,235 %, валового фосфора – 0,119 %, валового калия – 1,60 %. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом по Тюрину-Кононовой составляла 67 мг/кг, подвижным фосфором по Мачигину – 10–12 мг/кг, обменным калием – 345 мг/кг [14].

Климатические условия в районе проведения опыта, по данным лаборатории агрометеорологии ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», типичные для засушливой черноземной степи Поволжья. Коэффициент континентальности – 180–200 (средне- и сильно континентальный). На основании многолетних данных агрометеорологической службы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (1912–1980 гг.) гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода по Г. Т. Селянинову составляет в среднем 0,81; минимальная зарегистрированная температура воздуха – 37,0; среднегодовая 5,3; максимальная зарегистрированная – 41,0 °С. Количество осадков (мм) в год: минимальное – 245, среднее – 451, максимальное – 648. Минимальное их количество за вегетационный период – 46,2 мм, среднее и максимальное – 135,8 и 221,5 мм соответственно.

В стационарном опыте задействованы 3 поля площадью 1,5 га каждый, обеспечивая повторяемость в пространстве и времени. В период 1969–1971 гг. каждое из трех полей по очереди входило в опыт первым полем севооборота. Расположение вариантов в опыте рендомизированное, размер делянок – 235–300 м², повторность – трехкратная. После закладки опыта в 1969 г. первые 24 года исследования велись в условиях шестипольного зернопаропропашного севооборота (4 ротации) со следующим чередованием культур: пар чистый, озимая пшеница, яровая мягкая пшеница, кукуруза на зеленую массу, ячмень, овес. Начиная с пятой ротации севооборот из зернопаропропашного был преобразован в зернопаровой (кукуруза была заменена на просо) и приобрел следующий вид: пар чистый, озимая пшеница, яровая мягкая пшеница, просо, ячмень, овес. На данный момент на всех трех полях окончена восьмая ротация севооборота (48 лет). Из множества вариантов опыта, где изучается действие различных доз удобрений, в настоящей работе представлен анализ эффективности шести из них.

Выбор вариантов был обусловлен существенными различиями, как по дозам, так и видам минеральных удобрений. Условно их можно разделить на вариант 1 (контроль, без удобрений), вариант 2 (средние дозы азотных удобрений), вариант 3 (фосфорные удобрения), вариант 6 (минимальные дозы азотно-фосфорных удобрений), вариант 8 (средние дозы азотно-фосфорных удобрений) и вариант 11а (высокие дозы азотно-фосфорных удобрений).

При внесении средней дозы азотных удобрений (вар. 2) под каждую культуру севооборота практически ежегодно применяли N30–40. Фосфорные удобрения в севообороте вносили в дозе P40 в чистом виде (вар. 3) 2–3 раза за ротацию только под озимую пшеницу, кукурузу/просо и ячмень. Применение минимальной дозы азотно-фосфорных удобрений (вар. 6) предусматривало внесение P40 и N30–40 1–2 раза за ротацию шестипольного севооборота. При средней дозе азотно-фосфорных удобрений (вар. 8) норму применения азота повышали до N30–60 и вносили практически под все культуры севооборота. Вариант 11а отличался ежегодным применением более высоких доз азотных удобрений. На озимой пшенице фосфорные удобрения вносили под основную обработку, а азотные применяли в виде позднеосенней подкормки. На остальных культурах все виды удобрений вносили с осени под основную обработку. Калийные удобрения использовали в опыте только на начальном его этапе. Обеспеченность почвы доступными формами калия для зерновых культур была достаточной, вследствие чего достоверных прибавок урожая зерна от дополнительного его внесения с удобрениями получено не было. Тем не менее, он учитывался в системе удобрений севооборота (табл. 1). Полученные в опыте экспериментальные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа [5].

Поскольку в опыте на протяжении нескольких ротаций присутствовала кукуруза, выращиваемая на зеленую массу, расчеты продуктивности севооборота представлены в зерновых единицах [13]. Промежуточные этапы проведенных исследований были ранее опубликованы в научной литературе [12, 14, 16].

Результаты исследований. Анализ полученных результатов исследований в опыте за рассматриваемый период его проведения позволил выявить характер изменения агроклиматических ресурсов степного района Поволжья. В период I–IV ротации, когда севооборот был зернопаропропашным, минимальное значение ГТК по Селянинову Г.Т. за май – июль было выше аналогичного показателя периода V–VIII ротации (зернопаровой севооборот) на 15,5 %, в то время как максимальные значения при этом различались на 8,9 %. По показателю суммы активных температур за май – июль средний прирост в период V–VIII ротации по сравнению с I–IV составил 54 °С. В VII ротации сумма активных температур была самой высокой при наиболее низком значении ГТК за весь период проведения исследований. Увеличение суммы активных температур за май – июль в период V–VIII ротации по сравнению с I–IV сопровождалось снижением среднего значения ГТК. Это однозначно говорит о росте засушливости климата. Анализ среднемесячной температуры воздуха показал, что в период с I–IV по V–VIII ротации севооборота температура воздуха в мае и июне существенно не изменилась, а в июле выросла на 1,1 °С (табл. 2). Таким образом, рост суммы активных температур за май – июль, отмеченный в опыте, был вызван увеличением среднемесячных значений температуры воздуха в июле.

Произведенные расчеты продуктивности шестипольного севооборота показали особенности их взаимосвязи с изучаемыми агроклиматическими условиями. Так, за 8 ротаций отсутствовала корреляционная связь между про-

Система удобрений в длительном стационарном опыте с I по VIII ротации севооборота

Вариант	Внесено с минеральными удобрениями	
	в сумме за 8 ротаций (48 лет)	в среднем на 1 га севооборотной площади в год
1	—	—
2	N1490K350	N31K7,3
3	P860K320	P17,9K6,7
6	N710P600K360	N14,8P12,5K7,5
8	N1520P780K350	N31,7P16,3K7,3
11a	N2570P800K350	N53,5P16,7K7,3

дуктивностью севооборота на контроле и полученными значениями ГТК, а также суммой активных температур за май – июль. В то же время, наблюдалось снижение продуктивности севооборота на контроле в период проведения исследований на 31,6 %.

По всей видимости, это было связано не только с более высокой урожайностью кукурузы, выращиваемой в период I–IV ротации по сравнению с просом в последующих ротациях, но и рядом других факторов. Так, за это время произошли изменения некоторых параметров почвенного плодородия. В частности, произошла трансформация количества и качественного состава гумуса. Снизилось содержание гумуса в черноземе южном и негативно изменился его фракционный состав к VIII ротации по сравнению с исходными данными на момент закладки опыта на контрольном варианте (табл. 3). Проявилось это в первую очередь в снижении доли гуминовых кислот во фракционном составе и росте содержания фульвокислот более чем в 1,5 раза по сравнению с другими вариантами опыта и исходными данными. Это обстоятельство привело к более узкому отношению ГК:ФК и свидетельствует о росте подвижности почвенного гумуса, что, безусловно, имеет негативный характер [12].

Изменения агроклиматических условий оказывали существенное влияние на продуктивность культур при внесении удобрений. Тесная зависимость наблюдалась между показателем ГТК за май – июль и средней продуктивностью севооборота на удобренных вариантах за 8 ротаций ($r = 0,76$; $r^2 = 0,57$). С увеличением суммы активных температур за май – июль в период с I–IV по V–VIII ротации средняя продуктивность культур на вариантах с применением удобрений в опыте снижалась ($r = -0,71$; $r^2 = 0,50$).

В первой ротации зернопаропропашного севооборота в сложившихся гидротермических условиях существенный рост продуктивности отмечался на вариантах с применением одних азотных, а также минимальных и средних доз азотно-фосфорных удобрений (табл. 4). Во второй ротации при дальнейшем снижении значения ГТК за май – июль увеличение продуктивности удобренных вариантов севооборота к контролю отмечалось лишь при внесении средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений (на 12,8 и 11,0 % соответственно). Аналогичным образом ситуация складывалась и в третьей ротации (рост к контролю на вариантах 8 и 11a – на 28,9 и 25,7 % соответственно). С ростом показателя ГТК, достигшего в IV ротации максимального значения за первый период проведения исследований (I–IV ротации), высокую эффективность продемонстрировали все удобренные варианты опыта (рост продуктивности к контролю на 13,9–56,6 %). Необходимо отметить, что в первые четыре ротации шестипольного зернопаропропашного севооборота уровень продуктивности культур на вариантах 2 и 6 оказался одинаковым, а внесение высоких доз азотно-фосфорных удобрений (вариант 11a) не имело преимуществ перед аналогичными средними дозами (вариант 8). Применение одних фосфорных удобрений на варианте 3 не способствовало росту продуктивности культур севооборота к контролю. Лишь в IV ротации увеличение продуктивности на варианте 3 было существенным, но полученные значения стали наиболее низкими среди всех удобренных вариантов. Это обстоятельство говорит о высокой потребности культур севооборота именно в азотном питании.

В V ротации от применения азотных и азотно-фосфорных удобрений рост продуктивности к контролю составил 25,9–50,8 %. При этом максимальные прибавки получили от внесения средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений (варианты 8 и 11a).

В период VI ротации отмечался рост продуктивности культур севооборота к контролю, в том числе и на варианте с применением фосфорных удобрений (10,0 %). При этом, как и в предыдущую ротацию, наиболее высокую эффективность показали варианты 8 и 11a (увеличение к контролю на 36,6 и 46,6 % соответственно).

В VII ротации на фоне низкого значения ГТК периода май – июль продуктивность культур без применения удобрений оказалась наименьшей за весь период проведения исследований в условиях зернопарового севооборота (см. табл. 3). Вместе с тем, внесение азотных и азотно-фосфорных удобрений обеспечило рост его продуктивности к контролю на 19,3–39,3 %.

Максимальный рост продуктивности севооборота к контролю в VIII ротации был отмечен на варианте 11a (43,7 %). От внесения средних доз азотных и азотно-фосфорных удобрений (варианты 2 и 8) увеличение продуктивности составило 35,8–33,5 %.

В период V–VIII ротации севооборота на фоне роста засушливости климата, а также ухудшения параметров почвенного плодородия, отмечали более высокую отзывчивость культур на применение минеральных удобрений. Так, если в период I–IV ротации севооборота максимальный рост продуктивности к контролю, полученный на вариантах 8 и 11a составил в среднем 21,8–24,0 %, то в период V–VIII ротации на этих же вариантах доля прибавок от удобрений в полученном урожае возросла до 39,5–45,6 % (табл. 4).

Было также установлено, что снижение продуктивности культур на контрольном варианте в течение периода проведения исследований не были связаны со снижением значений ГТК за период май – июль. Вместе с тем выявлена тесная корреляция между продуктивностью севооборота на контроле и среднемесячной температурой воздуха в



Трансформация агроклиматических показателей (в среднем за ротацию) степной зоны Поволжья на черноземе южном в условиях длительного стационарного опыта с удобрениями (ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»)

ГТК за май –июль	Сумма активных температур (>10 °С) за май-июль, °С	Среднемесячная температура воздуха, °С		
		май	июнь	июль
I ротация (1969–1971 – 1974–1976 гг.)				
0,83	1731,5	15,6	20,0	21,8
II ротация (1975–1977 – 1980–1982 гг.)				
0,76	1720,9	16,6	19,9	21,3
III ротация (1981–1983 – 1986–1988 гг.)				
0,71	1763,3	16,5	20,4	21,9
IV ротация (1987–1989 – 1992–1994 гг.)				
0,90	1744,5	15,8	20,6	21,7
За период I–IV ротации				
0,80	1740,0	16,1	20,2	21,6
V ротация (1993–1995 – 1998–2000 гг.)				
0,82	1743,8	15,1	20,6	22,1
VI ротация (1999–2001 – 2004–2006 гг.)				
0,82	1697,1	14,7	19,2	22,4
VII ротация (2005–2007 – 2010–2012 гг.)				
0,60	1870,5	17,0	21,1	23,5
VIII ротация (2011–2013 – 2016–2018 гг.)				
0,75	1865,8	17,5	20,6	23,0
За период V–VIII ротации				
0,74	1794,3	16,0	20,3	22,7

Таблица 3

Содержание и фракционный состав гумуса чернозема южного в длительном опыте с применением минеральных удобрений (ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»)

Вариант	Слой, см	Гумус, %	Процент умуса		
			ГК	ФК	Отношение ГК:ФК
1968 г. (исходные данные)					
Контроль (без удобрений)	0–20	4,48	36,2	10,2	3,5
	20–40	4,14	28,2	12,3	2,3
2016 г.					
1	0–20	3,72	24,8	17,9	1,3
	20–40	3,72	22,1	17,2	1,2
6	0–20	3,84	30,8	8,0	3,8
	20–40	3,96	26,0	8,4	3,0
8	0–20	3,84	30,8	8,7	3,5
	20–40	3,13	24,5	9,8	2,5
11a	0–20	3,85	24,1	11,4	2,1
	20–40	3,50	28,0	11,0	2,5
НСП ₀₅	0–20	0,177	2,79		
	20–40	0,284	1,39		

июле ($r = 0,91$). При этом степень влияния данного фактора на урожайность культур составила 83 % (рис. 1).

Аналогичным образом складывалась ситуация и на удобренных вариантах ($r = 0,87$), где на эффективность используемых минеральных удобрений помимо изменения агрохимических свойств чернозема южного в опыте оказывали влияние как гидротермические условия, так и температура воздуха в июле (рис. 2).

Заключение. За период проведения исследований (1969–2018 гг.) в стационарном опыте с длительным применением минеральных удобрений на черноземе южном степного Поволжья выявлено влияние агроклиматических ресурсов на продуктивность севооборота и эффективность применяемых удобрений. Так, в период с I–IV по V–VIII ротации наблюдалось увеличение суммы активных температур за май – июль и снижение значений показателя ГТК, что говорит о росте засушливости климата. При этом увеличение суммы активных температур было вызвано ростом среднесуточной температуры воздуха в июле в среднем на 1,1 °С. Как показали результаты исследований, продуктивность культур севооборота без применения удобрений в этот период не зависела от изменения гидротермических условий. В большей степени она была связана с ухудшением агрохимических свойств чернозема южного. Результаты наблюдений показали, что к концу VIII ротации севооборота по сравнению с исходными данными на момент



Продуктивность шестипольного севооборота в длительном стационарном опыте с удобрениями на черноземе южном степного Поволжья, т/га з. е. на 1 га севооборотной площади в год

Ротация	Вариант						НСР ₀₅
	1	2	3	6	8	11а	
I	2,76	3,13	2,93	3,06	3,00	2,87	0,20
II	2,81	2,99	3,05	3,01	3,17	3,12	0,29
III	2,45	2,67	2,57	2,76	3,16	3,08	0,32
IV	2,65	3,37	3,02	3,35	3,65	4,15	0,36
Среднее за I–IV ротации	2,66	3,04	2,89	3,04	3,24	3,30	–
V	1,89	2,38	2,03	2,50	2,82	2,85	0,47
VI	2,10	2,74	2,31	2,46	2,87	3,08	0,15
VII	1,55	1,93	1,73	1,85	2,12	2,16	0,23
VIII	1,76	2,39	2,05	2,22	2,35	2,53	0,46
Среднее за V–VIII ротации	1,82	2,36	2,03	2,25	2,54	2,65	–
Среднее по опыту	2,24	2,70	2,46	2,65	2,89	2,98	–

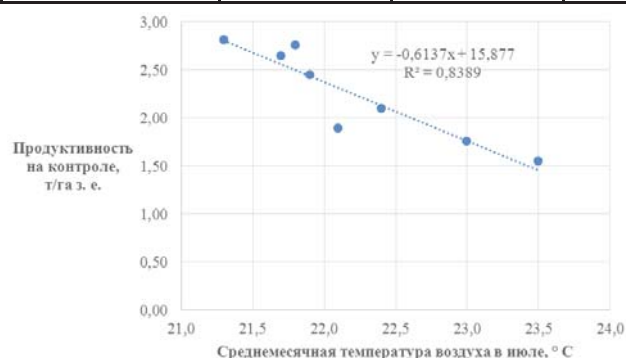


Рис. 1. Зависимость между среднемесячной температурой воздуха в июле и продуктивностью севооборота на контроле за 8 ротаций (1969–2018 гг.)

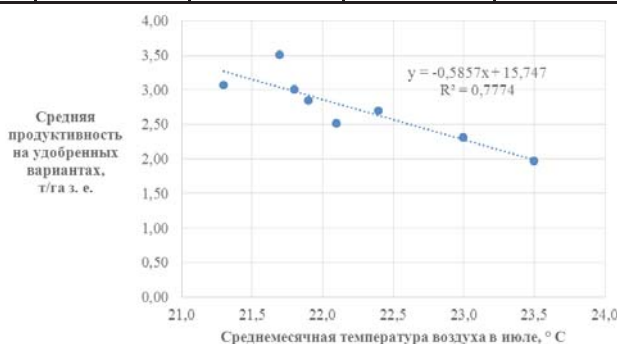


Рис. 2. Зависимость между среднемесячной температурой воздуха в июле и средней продуктивностью севооборота на удобренных вариантах за 8 ротаций (1969–2018 гг.)

закладки опыта в 1968 г. запасы гумуса и питательных веществ снизились. Рост засушливости климата оказывал негативное влияние на эффективность различных систем удобрений в опыте. Следует отметить, что повышение среднесуточной температуры воздуха в июле способствовало снижению продуктивности севооборота не только на удобренных вариантах, но и на контроле.

В целом, в опыте отмечалась тенденция снижения продуктивности севооборота в период с I–IV по V–VIII ротации. Однако в то же время наблюдался рост доли прибавок в полученном урожае от применения минеральных удобрений. Это свидетельствует о стабилизирующей роли минерального питания сельскохозяйственных культур в условиях изменений климата. Наиболее эффективными в опыте оказались средние (вариант 8) и высокие (вариант 11а) дозы азотно-фосфорных удобрений. Так, в период I–IV ротации рост продуктивности севооборота по отношению к контролю на вариантах 8 и 11а в среднем составил 21,8 и 24,0 % соответственно. В период V–VIII ротации увеличение по отношению к контролю достигло 39,5 % (вариант 8) и 45,6 % (вариант 11а). Таким образом, в условиях роста засушливости климата степного Поволжья в период с I–IV по V–VIII ротации шестипольного севооборота эффективность средних и высоких доз азотно-фосфорных удобрений повышалась.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдварг Б. А., Гриценко В. Г., Боктаев М. В. Влияние изменения климата на продуктивность зерновых культур в Центральной зоне Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 17–20. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20.
2. Горянин О. И., Шевченко С. Н., Корчагин В. А. Влияние изменения климата на возделывание сельскохозяйственных культур в Среднем Заволжье // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 106–110.
3. Гурова Т. А., Осипова Г. М. Проблема сопряженной стрессоустойчивости растений при изменении климата в Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 2. С. 81–92. DOI 10.26898/0370-8799-2018-2-11.
4. Динамика изменения климата в Кабардино-Балкарии и задачи селекции зерновых культур на продуктивность / Э. Б. Хатевфов [и др.] // Международные научные исследования. 2017. № 2(31). С. 59–62.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Кошкин Е. И., Андреева И. В., Гусейнов Г. Г. Влияние глобальных изменений климата на продуктивность и устойчивость





сельскохозяйственных культур к стрессорам // *Агрохимия*. 2019. № 12. С. 83–96. DOI 10.1134/S0002188119120068.

7. Лыскова И. В., Суховеева О. Э., Лыскова Т. В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. Т. 22. № 2. – С. 244–253. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253.

8. Немцев С. Н., Шарипова Р. Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 3. С. 10–14. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10302.

9. Прянишников А. И., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Изменение экологических условий формирования продуктивности пшеницы в Поволжье // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2017. № 3(23). С. 58–63.

10. Садовская Л. К. Влияние глобальных изменений климата на продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессорам // *Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал*. 2021. № 1. С. 25.

11. Суховеева О. Э. Влияние современных изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нечерноземье // *География и природные ресурсы*. 2014. № 2. С. 71–77.

12. Плодородие черноземов засушливого Поволжья и продуктивность полевых культур при длительном применении минеральных удобрений / В. Г. Сычев [и др.] // *Бюл. Геосети ВНИИА*. 2017. Вып. 26. 48 с.

13. Химизация сельского хозяйства (экономико-статистический сборник). М.: НИИТЭХИМ, 1977. Вып. 8. 182 с.

14. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / М. П. Чуб [и др.] // *Бюл. Геосети ВНИИА*. 2014. Вып. 15. 56 с.

15. Шеламова Н. А., Попова К. Ю. Влияние изменения климата на сельское хозяйство и водные ресурсы // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2018. № 2(35). С. 82–89.

16. Ярошенко Т. М., Журавлев Д. Ю., Климова Н. Ф. Влияние длительного применения различных доз минеральных удобрений на продуктивность культур зернопарового севооборота в условиях засушливой степи Поволжья // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 8. С. 49–56. DOI 10.28983/asj.y2021i8pp49-56.

17. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva. Switzerland. 151 p.

REFERENCES

1. Goldvarg B. A., Gritsenko V. G., Boktaev M. V. The influence of climate change on the productivity of grain crops in the Central zone of the Republic of Kalmykia. *Grain farming of Russia*. 2019;2(62):17–20. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20. (In Russ.).

2. Goryanin O. I., Shevchenko S. N., Korchagin V. A. The impact of climate change on the cultivation of agricultural crops in the Middle Volga region. *Meteorology and hydrology*. 2018;(6):106–110. (In Russ.).

3. Gurova T. A., Osipova G. M. The problem of conjugate stress resistance of plants under climate change in Siberia. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. – 2018;48(2):81–92. Doi 10.26898/0370-8799-2018-2-11. (In Russ.).

4. The dynamics of climate change in Kabardino-Balkaria and the tasks of breeding grain crops for productivity / E. B. Khatefov et al. *International scientific research*. 2017;2(31):59–62. (In Russ.).

5. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. 5th ed., supplement and revision. M.: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).

6. Koshkin E. I., Andreeva I. V., Huseynov G. G. Influence of global climate changes on productivity and resistance of agricultural crops to stressors. *Agrochemistry*. 2019;(12):83–96. DOI 10.1134/S0002188119120068. (In Russ.).

7. Lyskova I. V., Sukhoveeva O. E., Lyskova T. V. Influence of local climate change on the productivity of spring grain crops in the conditions of the Kirov region. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021;22(2):244–253. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.2.244-253. (In Russ.).

8. Nemtsev S. N., Sharipova R. B. Agro-climatic resources, their changes and ecological restrictions of the growing season of the Ulyanovsk region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2021;35(3):10–14. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10302. (In Russ.).

9. Pryanishnikov A. I., Levitskaya N. G., Demakina I. I. Changing environmental conditions for the formation of wheat productivity in the Volga region. *Legumes and cereals*. 2017;3(23):58–63. (In Russ.).

10. Sadovskaya L. K. The impact of global climate change on the productivity and resistance of crops to stressors. *Environmental safety in agriculture. Abstract journal*. 2021;(1):25. (In Russ.).

11. Sukhoveeva O. E. The influence of modern climate changes on the productivity of agricultural crops in the Non-Chernozem region. *Geography and natural resources*. 2014;(2):71–77. (In Russ.).

12. Fertility of chernozems of the arid Volga region and productivity of field crops with prolonged use of mineral fertilizers / V. G. Sychev et al. 2017;(26):48. (In Russ.).

13. Chemicalization of agriculture (economic and statistical collection). 1977;(8):182. (In Russ.).

14. The effectiveness of long-term use of fertilizers in the agroecosystems of the steppe zone of the Saratov Volga region in arid climate / M. P. Chub et al. *Byull. VNIIA geosets*. 2014;(15):56. (In Russ.).

15. Shelamova N. A., Popova K. Y. The impact of climate change on agriculture and water resources. *Economics, labor, management in agriculture*. 2018; 2(35):82–89. (In Russ.).

16. Yaroshenko T. M., Zhuravlev D. Y., Klimova N. F. The effect of prolonged use of various doses of mineral fertilizers on the productivity of crops of grain–steam crop rotation in the conditions of the arid steppe of the Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2021;(8):49–56. DOI 10.28983/asj.y2021i8pp49-56. (In Russ.).

17. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva. Switzerland. 151 p.

Статья поступила в редакцию 25.01.2022; одобрена после рецензирования 16.02.2022; принята к публикации 26.02.2022.

The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 16.02.2022; accepted for publication 26.02.2022.