

Научная статья
УДК 631.82 : 633.13 : 57.045 (470.4)
doi: 10.28983/asj.y2022i10pp39-45

Роль минеральных удобрений в повышении продуктивности овса (*Avena sativa* L.) при изменяющихся климатических условиях степного Поволжья

Дмитрий Юрьевич Журавлев, Татьяна Михайловна Ярошенко, Надежда Федоровна Климова

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты эффективности применения минеральных удобрений на посевах овса в шестипольном севообороте (8 ротаций, 24 года возделывания) в условиях длительного стационарного опыта на черноземе южном степного Поволжья. Определены характер и направленность естественных изменений агроклиматических параметров за период возделывания овса и уровень их влияния на его продуктивность при внесении различных доз минеральных удобрений. Отмечена тенденция к повышению засушливости климата, которая выражалась в снижении значений гидротермического коэффициента и росте суммы активных температур. В период от 1–4-й до 5–8-й ротаций севооборота наблюдалась тенденция к росту среднемесячной температуры воздуха в июле. Установлено, что указанные климатические изменения способствовали снижению продуктивности овса в опыте. При этом росла доля прибавок по отношению к контролю в полученных значениях урожайности на удобренных вариантах. Наиболее эффективными были средние и высокие дозы азотно-фосфорных удобрений.

Ключевые слова: длительный стационарный опыт; минеральные удобрения; агроклиматические условия; овес; продуктивность; чернозем южный; Поволжье.

Для цитирования: Журавлев Д. Ю., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф. Роль минеральных удобрений в повышении продуктивности овса (*Avena sativa* L.) при изменяющихся климатических условиях степного Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 39–45. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp39-45>.

AGRONOMY

Original article

The role of mineral fertilizers in increasing the productivity of oats (*Avena sativa* L.) under 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: raiser_saratov@mail.ru

Abstract. The results of the effectiveness of the use of mineral fertilizers on oat crops in a six-field crop rotation (8 rotations, 24 years of cultivation) under conditions of a long stationary experiment on the chernozem of the southern steppe Volga region are presented. The nature and direction of natural changes in agro-climatic parameters during the period of oat cultivation and the level of their influence on its productivity when applying various doses of mineral fertilizers are determined. During the studied period, there was a tendency to increase the aridity of the climate, which was expressed in a decrease in the values of the hydrothermal coefficient and an increase in the sum of active temperatures. In the experiment, in the period from 1-4 to 5-8 rotation of crop rotation, there was a tendency to increase the average monthly air temperature in July. It was found that these climatic changes contributed to a decrease in the productivity of oats in the experiment. At the same time, the share of increases in relation to the control in the obtained yield values on fertilized variants increased. The most effective were medium and high doses of nitrogen-phosphorus fertilizers.

Keywords: long-term stationary experience; mineral fertilizers; agro-climatic conditions; oats; productivity; southern chernozem; Volga region.

For citation: Zhuravlev D. Yu., Yaroshenko T. M., Klimova N. F. The role of mineral fertilizers in increasing the productivity of oats (*Avena sativa* L.) under changing climatic conditions of the steppe Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10):39–45. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp39-45>.

Введение. Система удобрений является основополагающим элементом получения растениеводческой продукции с высокими количественными и качественными показателями. Наиболее эффективными для этой роли были и остаются минеральные удобрения. Однако их действие находится в тесной зависимости от погодно-климатических условий [10]. В последние десятилетия в нашей стране повсеместно фиксируется потепление климата. Оно проявляется в различных по климатическим условиям регионах России, в том числе в Поволжье. Это требует корректировки различных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и применяемых видов и доз минеральных удобрений. Наблюдаемые в России климатические изменения связаны с увеличением температуры воздуха холодного периода года, повторяющимися засухами, ростом испаряемости при сохранении или даже снижении количества атмосферных осадков в теплый период [5, 8, 9, 11]. Эти изменения, в свою очередь, способствуют существенному снижению продуктивности зерновых культур в регионах европейской части России [6, 7]. Однако в ряде случаев в России глобальные изменения климата могут иметь и положительный характер. Так, проведенные в Ульяновской области исследования за 1961–2010 гг. показали, что среднегодовая температура воздуха имеет тенденцию к росту на 1,7 °C за 50 лет, главным образом в холодном полугодии. Эти изменения оказались благоприятными для сельского хозяйства, поскольку за 1963–2017 гг. они привели к росту продуктивности сельскохозяйственных культур [4, 14]. Анализ результатов многолетних наблюдений





метеостанций Саратовской области также свидетельствует о наличии региональных изменений климата. С середины XX в. в области наблюдается рост температуры воздуха (особенно в холодный период года), увеличение теплообеспеченности вегетационного периода, уменьшение нормы осадков за период май – июль [2, 3].

Цель настоящей работы – определить влияние различных агроклиматических условий степного Поволжья на эффективность минеральных удобрений при возделывании овса на южных черноземах.

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

Почва опытного участка – чернозем южный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый среднесмытый. Содержание гумуса на момент закладки опыта в слое почвы 0–40 см составляло 4,35 %, общего азота – 0,235 %, валового фосфора – 0,119 %, валового калия – 1,60 %. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом (по Тюрину – Кононовой) 67 мг/кг, подвижным фосфором (по Мачигину) – 10–12 мг/кг, обменным калием – 345 мг/кг [12].

Климат района проведения опыта – типичный для засушливой черноземной степи Поволжья. Коэффициент континентальности – 180–200 (средне- и сильно континентальный). По данным агрометеослужбы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», средний гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода по Г.Т. Селянину – 0,81. Температура воздуха (по многолетним данным), °С: минимальная зарегистрированная – 37,0; среднегодовая – 5,3; максимальная зарегистрированная – 41,0. Годовое количество осадков в среднем по годам, мм: 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.

Для проведения исследовательской работы в опыте задействованы 3 поля площадью 1,5 га каждое, что обеспечивает повторяемость в пространстве и во времени для наиболее полного учета погодных-климатических особенностей степной зоны Поволжья. При закладке стационара в 1969–1971 гг. каждое из трех полей по очереди входило в ротацию первым полем севооборота. В опыте применялось рендомизированное расположение вариантов, размер делянок – 235–300 м², повторность – трехкратная. После закладки длительного стационарного опыта в 1969 г. первые 24 года агрохимические 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. Затем, начиная с пятой ротации, севооборот из зернопаропропашного был преобразован в зернопаровой (кукурузу заменили на просо). Он приобрел следующий вид: пар чистый, озимая пшеница, яровая мягкая пшеница, просо, ячмень, овес. На сегодняшний день полностью на всех трех полях окончена восьмая ротация севооборота (48 лет), где овес возделывался 24 года. На более чем двадцати вариантах опыта изучается действие различных систем удобрений. Для анализа результатов нами взяты шесть вариантов. Их выбор обусловлен существенными различиями по дозам и видам минеральных удобрений. Условно их разделили на варианты: 1 – контроль, без удобрений; 2 – средние дозы азотных удобрений; 3 – фосфорные удобрения; 6 – минимальные дозы азотно-фосфорных удобрений; 8 – средние дозы азотно-фосфорных удобрений; 11а – высокие дозы азотно-фосфорных удобрений.

Фосфорные и азотные удобрения в опыте вносили осенью под вспашку на всех культурах севооборота. На идущей в опыте по чистому пару озимой пшенице азотные удобрения применялись в виде позднеосенней подкормки. Калийные удобрения вносили только на начальном этапе. Обеспеченность почвы подвижным калием для зерновых культур была достаточной, вследствие чего достоверных прибавок урожая зерна от дополнительного применения калийных удобрений получено не было. Тем не менее, их учитывали при оценке систем удобрений севооборота (табл. 1).

Таблица 1

Система удобрений овса в длительном стационарном опыте с 1-й по 8-ю ротации севооборота

Вариант опыта	Внесено с минеральными удобрениями			
	под овес		под культуры севооборота	
	в сумме за 8 ротаций севооборота	в среднем на 1 га в год	в сумме за 8 ротаций (48 лет)	в среднем на 1 га севооборотной площади в год
1	–	–	–	–
2	N240K40	N30K5	N1490K350	N31K7,3
3	–	–	P860K320	P17,9K6,7
6	N40K60	N5K7,5	N710P600K360	N14,8P12,5K7,5
8	N160P40K80	N20P5K10	N1520P780K350	N31,7P16,3K7,3
11а	N360K30	N45K3,7	N2570P800K350	N53,5P16,7K7,3

В работе использовались агроклиматические данные, полученные лабораторией агрометеорологии на метеостанции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Полученные в опыте данные подвергали статистической обработке [1]. Ранее нами уже публиковались результаты отдельных этапов исследований, в том числе по продуктивности овса в длительном опыте с удобрениями [12, 13].

Результаты исследований. В длительном стационарном опыте с удобрениями овес возделывался в восьми ротациях шестипольного севооборота. За этот период произошли некоторые изменения погодных-климатических условий степной зоны Поволжья. Условно разделив годы его возделывания в опыте на два этапа (1-й этап – с 1-й по 4-ю ротации зернопаропропашного севооборота; 2-й этап – с 5-й по 8-ю ротации зернопарового севооборота), мы обнаружили существенные различия между ними по гидротермическим условиям. Минимальное среднее значение гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянину

ву Г.Т. за май – июль в 1-м этапе исследований было отмечено в 3-й ротации севооборота, а максимальное – в 1-й ротации (табл. 2). При этом на 2-м этапе минимальное среднее значение ГТК, отмеченное в период 7-й ротации, существенно снизилось (на 40 %). Все три года возделывания овса в 7-й ротации севооборота характеризовались как острозасушливые (ГТК менее 0,50). Максимально благоприятные гидротермические условия на 2-м этапе проведения исследований отмечались в 8-й ротации. Однако полученное схожее значение ГТК оказалось ниже аналогичного показателя 1-го этапа (по сравнению с 1-й ротацией на 18 %). Необходимо отметить и тот факт, что при проведении расчетов гидротермического коэффициента в период проведения исследований, указывающего на сложившуюся в степном Поволжье тенденцию к росту засушливости климата, отмечалось не только увеличение среднемесячной температуры воздуха за май – июль, но и снижение суммы осадков.

Изменения агроклиматических условий в период проведения исследований в длительном стационарном опыте с удобрениями отразились и на сумме активных температур, превышающих 10 °С. По сравнению с 1-й ротацией севооборота на 2-м этапе исследований кроме снижения максимального значения ГТК также отмечался рост средней суммы активных температур за год в 8-й ротации на 6,2 % (188 °С). Аналогичным образом складывалась ситуация и в период май – июль, где рост составил 3,0 % (51°С). При сравнении суммы активных температур наиболее засушливых периодов двух этапов проведения опыта наблюдались более существенные изменения. Так, в 7-й ротации севооборота в острозасушливых условиях сумма активных температур выросла по сравнению с 3-й ротацией за год на 20,1 % (589 °С), за май – июль – на 13,0 % (234 °С). Анализ среднемесячной температуры воздуха, охватывающий период вегетации овса, показал, что наиболее существенные колебания данного показателя отмечались в июле. При этом практически во всех ротациях севооборота во 2-м этапе исследований полученные значения были выше, чем в 1-м. Гораздо в меньшей степени эти колебания отмечались в июне (табл. 2).

Таблица 2

Изменение показателей температуры воздуха при возделывании овса в условиях длительного стационарного опыта с удобрениями

Годы возделывания	ГТК за май – июль	∑ активных температур >10 °С	∑ активных температур за май – июль, °С	Среднемесячная температура воздуха, °С		
				май	июнь	июль
1-я ротация						
1974	1,5	2994,5	1665,8	15,2	18,7	21,2
1975	0,6	3509,8	2002,5	19,3	23,4	22,7
1976	1,4	2519,4	1494,5	14,4	18,2	18,5
Среднее	1,1	3007,9	1720,9	16,3	20,1	20,8
2-я ротация						
1980	0,4	2714,3	1693,0	15,5	19,3	21,6
1981	0,5	3056,0	1837,5	14,5	24,7	22,4
1982	1,0	2646,6	1575,0	14,8	16,0	21,2
Среднее	0,6	2805,6	1701,8	14,9	20,0	21,7
3-я ротация						
1986	0,5	3031,5	1695,2	14,2	20,9	21,4
1987	0,8	2700,9	1833,7	16,7	22,2	21,1
1988	0,4	3040,7	1865,5	19,2	22,8	22,6
Среднее	0,5	2924,3	1798,1	16,7	21,9	21,7
4-я ротация						
1992	0,6	2855,2	1628,9	14,1	20,1	21,2
1993	1,1	2600,3	1655,4	16,0	17,8	20,7
1994	1,2	2830,9	1519,7	15,8	17,6	18,9
Среднее	0,9	2762,1	1601,3	15,3	18,5	20,2
5-я ротация						
1998	0,2	3209,8	1994,9	16,1	23,7	24,4
1999	0,5	3108,5	1687,6	12,2	21,4	24,0
2000	1,5	2785,9	1546,6	11,4	18,8	22,6
Среднее	0,7	3034,7	1743,0	13,2	21,3	23,6
6-я ротация						
2004	1,0	2958,6	1682,6	14,7	19,6	20,7
2005	0,6	3230,8	1803,2	17,9	19,6	21,6
2006	0,6	3052,6	1720,3	15,2	21,7	19,9
Среднее	0,7	3080,6	1735,3	15,9	20,3	20,7
7-я ротация						
2010	0,3	3576,8	2136,0	17,9	24,2	27,6
2011	0,4	3214,7	1929,3	17,1	19,5	26,2
2012	0,4	3748,8	2031,1	19,3	23,0	23,9
Среднее	0,3	3513,4	2032,1	18,1	22,2	25,9
8-я ротация						
2016	0,7	3335,8	1847,2	15,9	20,9	23,6
2017	1,4	2901,3	1587,9	13,9	18,0	21,7
2018	0,6	3350,8	1880,8	18,3	19,9	23,7
Среднее	0,9	3195,9	1771,9	16,0	19,6	23,0





После обобщения результатов исследований было установлено, что на контрольном варианте, где удобрения не применялись, продуктивность овса с 1-й по 4-ю ротации севооборота была существенно выше, чем в 5–8 ротациях (табл. 3).

Таблица 3

Продуктивность овса в длительном стационарном опыте с удобрениями, т/га

Годы возделывания	Вариант опыта						НСР ₀₅
	1 (контроль)	2	3	6	8	11а	
1-я ротация (без удобрений)							
1974	2,48	2,35	2,44	2,61	2,71	2,54	0,19
1975	0,76	0,51	0,63	0,79	0,76	0,57	0,25
1976	3,28	3,74	3,66	3,47	3,55	3,65	0,34
Среднее	2,17	2,20	2,24	2,29	2,34	2,25	–
2-я ротация							
1980	2,08	2,08	2,09	2,22	2,55	2,41	0,30
1981	1,09	1,05	1,06	1,05	1,34	1,22	0,21
1982	2,77	2,85	2,85	2,81	3,25	2,83	0,39
Среднее	1,98	1,99	2,00	2,02	2,38	2,15	–
3-я ротация							
1986	1,61	1,70	1,63	1,76	1,91	1,87	0,22
1987	1,57	1,54	1,57	1,67	1,72	1,66	$F_{теор} > F_{прак}$
1988	1,43	1,49	1,40	1,48	1,76	1,59	0,11
Среднее	1,53	1,57	1,53	1,63	1,79	1,70	–
4-я ротация							
1992	2,34	2,68	2,79	2,85	2,90	2,86	0,30
1993	2,05	3,26	2,20	2,86	3,63	3,80	0,36
1994	2,04	2,93	2,07	2,22	2,83	3,33	0,39
Среднее	2,14	2,95	2,35	2,64	3,12	3,33	–
5-я ротация							
1998	0,29	0,35	0,44	0,38	0,50	0,39	0,16
1999	0,66	0,82	0,95	0,90	0,98	0,89	0,14
2000	1,93	2,57	2,09	2,57	3,23	2,68	0,36
Среднее	0,96	1,24	1,16	1,28	1,57	1,32	–
6-я ротация							
2004	1,94	2,74	1,93	2,06	2,19	2,95	0,31
2005	1,59	2,12	1,76	1,75	2,02	2,26	0,33
2006	1,94	2,32	2,04	1,90	2,10	2,49	0,22
Среднее	1,82	2,39	1,91	1,90	2,10	2,56	–
7-я ротация							
2010	0,37	0,43	0,34	0,41	0,46	0,30	0,07
2011	2,08	2,78	2,60	2,56	2,79	2,83	0,21
2012	0,78	1,20	0,91	0,85	0,91	1,10	0,28
Среднее	1,07	1,47	1,28	1,27	1,38	1,41	–
8-я ротация							
2016	2,57	3,06	2,50	2,86	2,95	3,49	0,47
2017	1,01	2,43	1,86	2,12	1,96	2,01	0,81
2018	0,56	1,23	0,75	0,80	0,76	1,29	0,52
Среднее	1,38	2,24	1,70	1,92	1,89	2,26	–
Среднее по опыту	1,63	2,00	1,77	1,87	2,07	2,12	–

Помимо погодных условий на продуктивность культур севооборота и овса, в частности, оказало влияние ухудшение показателей почвенного плодородия опытного участка (снижение гумусированности почвы и содержания общего азота в слое 0–40 см). По сравнению с 1-й ротацией севооборота, где продуктивность овса без удобрений превышала 2,0 т/га, во 2-й ротации она снизилась. В то же время применение средних доз минеральных удобрений (вариант 8) способствовало увеличению его продуктивности по отношению к контролю на 0,47 т/га. В засушливых условиях 3-й ротации при невысоком уровне продуктивности овса на контрольном варианте (снижение на 29,5 % по сравнению с 1-й ротацией) только внесение средних и высоких доз удобрений обеспечило достоверный рост прибавки урожая к контролю в среднем на 0,17–0,26 т/га.

Более благоприятные гидротермические условия в 4-й ротации севооборота способствовали существенному росту продуктивности овса на контроле по сравнению с 3-й ротацией (на 39,8 %). Тем не менее, улучшение погодных условий существенно повысило эффективность применения средних и высоких доз азотных, а также действие и последствие фосфорных удобрений на вариантах 2, 8 и 11а (прибавка к контролю 0,81–1,19 т/га).

При прохождении 5-й ротации, несмотря на острозасушливые условия 1998 г., практически на всех вариантах с азотными и азотно-фосфорными удобрениями были получены прибавки урожая зерна к контро-

лю. Максимальный средний рост продуктивности отмечали на варианте 8: прибавка к контролю составила 63,5 % (см. табл. 3).

В период 6-й ротации максимальную эффективность показали варианты 2 и 11а (средние прибавки урожая зерна к контролю составили 0,57 и 0,74 т/га соответственно). Седьмая ротация зернопарового севооборота ознаменовалась не только засухой 2010 г., но и острозасушливыми условиями 2011 и 2012 гг. Продуктивность овса в этом случае оказалась самой низкой за весь период проведения исследований. Но в этих же условиях внесение минеральных удобрений в средних и высоких дозах способствовало существенному росту его урожайности. В 8-й ротации гидротермические условия в среднем были наиболее благоприятными с 5-й по 8-ю ротации. Максимальные прибавки урожая овса здесь получили от применения азотных (вариант 2) и высоких доз азотно-фосфорных (вариант 11а) удобрений. Применение минимальных доз удобрений (вариант 6) было эффективным только в 2017 г.

Полученные в длительном стационарном опыте результаты также позволили установить, что без внесения азотных удобрений последствие ранее внесенных фосфорных (вариант 3) не обеспечивало получение достоверных прибавок урожая овса.

Статистическая обработка полученных результатов в длительном стационарном опыте с удобрениями позволила выявить степень взаимосвязи между некоторыми агроклиматическими параметрами и урожайностью овса. Установлена средняя корреляционная зависимость между урожайностью овса на контрольном варианте и значением ГТК за май – июль ($r = 0,55$). Связь между ГТК и средними значениями урожайности на удобренных вариантах в опыте была несколько выше ($r = 0,64$).

Регрессионный анализ позволил в полной мере определить характер влияния изменяющихся гидротермических условий на продуктивность овса: на контрольном варианте она почти на 30 % зависела от значения ГТК (рис. 1). На вариантах с внесением удобрений влияние ГТК как фактора достигало 40 % (рис. 2).

Таким образом, неустойчивость погодноклиматических условий, усиление засушливости климата будут все в большей степени оказывать негативное влияние на продукционный процесс растений овса. Эти изменения уже наблюдаются, поскольку снижение максимальных и минимальных значений ГТК за май – июль с 1–4-й по 5–8-ю ротации севооборота сопровождалось общим снижением урожайности овса. Данное обстоятельство, на первый взгляд, говорит о целесообразности применения минеральных удобрений. Однако необходимо учесть и тот факт, что снижение продуктивности овса сопровождалось значительным повышением роли удобрений. Так, если в период с 1-й по 4-ю ротации на удобренных вариантах урожай зерна к контролю вырос на 17,0–55,6 %, то в 5–8-ю ротации – на 30,0–63,5 %. Поэтому применение минеральных удобрений с целью оптимизации режима питания овса в перспективе является одним из главных способов получения высоких урожаев.

Так как изменение агроклиматических условий в период проведения исследований сопровождалось ростом суммы активных температур и изменениями значений среднемесячных температур воздуха периода май – июль, то мы определили степень влияния этих факторов на урожайность овса в длительном опыте. Как показали исследования, средняя корреляционная связь была установлена между суммой активных температур >10 °C за год и продуктивностью овса ($r = -0,66$ для контроля и $r = -0,69$ для удобренных вариантов). Значения коэффициента корреляции выросли также и при расчете суммы активных температур за май – июль ($r = -0,68$ для контроля и $r = -0,75$ для удобренных вариантов). С ростом суммы активных температур за май – июль продуктивность овса на контроле снижалась, степень влияния данного фактора составляла 46 % (рис. 3).

Определение зависимости между суммой активных температур за период вегетации овса и средними значениями его урожайности за год на удобренных вариантах показало возрастание влияния фактора до 56 % (рис. 4).

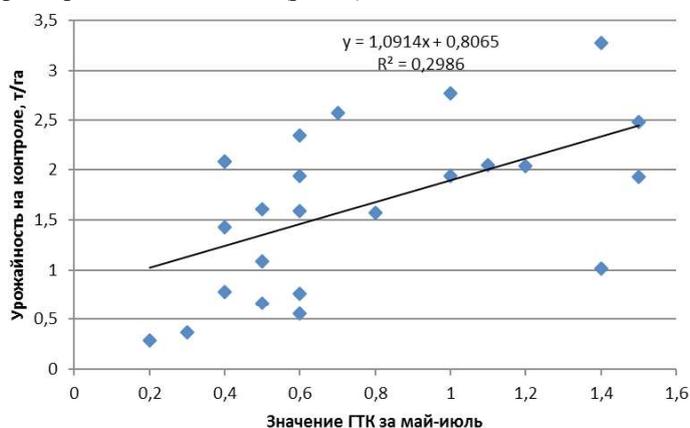


Рис. 1. Зависимость между гидротермическим коэффициентом (ГТК) и урожайностью овса на контроле в длительном стационарном опыте

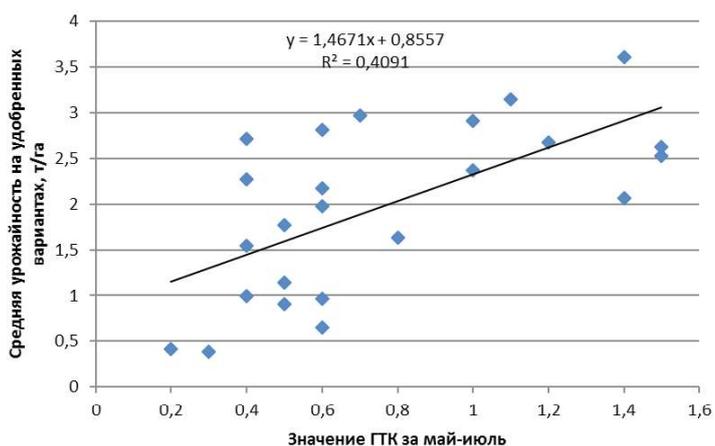


Рис. 2. Зависимость между гидротермическим коэффициентом (ГТК) и урожайностью овса на удобренных вариантах в длительном стационарном опыте



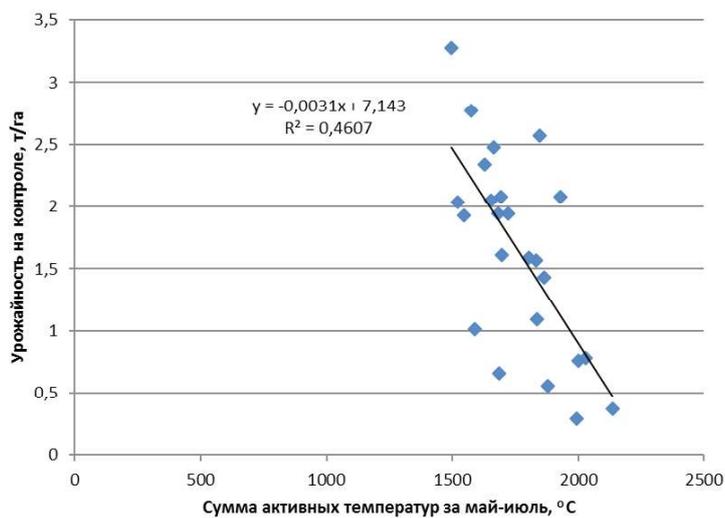


Рис. 3. Зависимость между суммой активных температур за май-июль и урожайностью овса на контроле

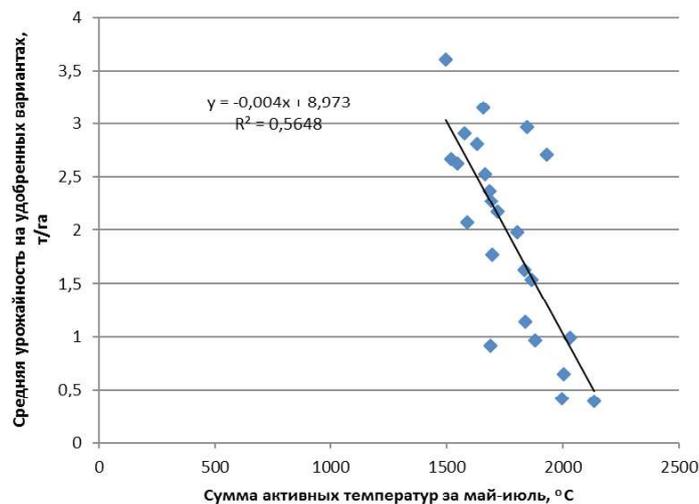


Рис. 4. Зависимость между суммой активных температур за май – июль и урожайностью овса на удобренных вариантах

климата, выражающаяся в снижении значений гидротермического коэффициента. Кроме того, за указанный период выросла сумма активных температур, превышающих 10 °С. Наблюдения за среднемесячной температурой воздуха в период вегетации овса показали не только ее существенные колебания в июле, но и тенденцию к нарастанию от 1–4-й до 5–8-й ротаций севооборота.

Анализ продуктивности овса в опыте показал, что с ухудшением гидротермических условий урожайность зерна как на контроле, так и на удобренных вариантах снижалась. При этом повышалась роль минеральных удобрений (росла доля прибавок в полученных значениях урожайности на удобренных вариантах). Наиболее эффективны были средние и высокие дозы азотных и азотно-фосфорных удобрений. Последствие только одних фосфорных удобрений не способствовало росту урожайности овса.

Проведение корреляционного и регрессионного анализа показало, что снижение значения ГТК за период вегетации овса негативно сказалось на его урожайности. Установлено, что рост суммы активных температур (>10 °С) как в годовом исчислении, так и за вегетацию негативно сказывался на его продуктивности. Корреляционная зависимость между урожайностью овса и среднемесячной температурой воздуха в период вегетации имела наиболее тесную связь в июне, когда потребность в элементах питания и во влаге была критической (с ростом среднемесячной температуры продуктивность снижалась). Полученные коэффициенты корреляции и детерминации указывали также на рост влияния данных агроклиматических показателей на величину прибавок урожая зерна овса на удобренных вариантах относительно контроля. Это свидетельствовало о повышенной потребности во влаге вегетирующих растений на фоне лучшей обеспеченности элементами питания.

Проведенные наблюдения также позволили установить зависимость между продуктивностью и значениями среднемесячной температуры воздуха по отдельным месяцам периода вегетации.

Статистические расчеты не выявили корреляции между среднемесячной температурой мая и урожайностью овса на контроле, а на удобренных вариантах корреляционная зависимость была средней ($r = -0,41$). Максимальных значений зависимость достигала в июне ($r = -0,68$ для контроля и $r = -0,80$ для удобренных вариантов). Это объясняется наступлением фазы выхода в трубку, сопровождающейся активным накоплением вегетативной массы.

Тенденция к росту температуры воздуха, наблюдаемая в июне, создает дополнительные риски, связанные с нарушением режима питания растений при иссушении верхнего слоя почвы, где локализована вторичная корневая система. Эта ситуация усугубляется на удобренных вариантах, где более развитые растения в большей степени нуждаются во влаге. В июле влияние температурного фактора на урожайность овса ослабевает, а значения коэффициента корреляции на контроле и удобренных вариантах становятся сопоставимыми ($r = -0,60$).

Заключение. Изучение эффективности минеральных удобрений на посевах овса за восемь ротаций шестипольного севооборота в длительном стационарном опыте на черноземе южном степного Поволжья показало, что получение прибавок урожая зерна зависело как от доз минеральных удобрений, так и сложившихся в годы его возделывания агроклиматических условий. За изучаемый период от 1–4-й к 5–8-й ротациям севооборота отмечалась тенденция к росту засухливости

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропроиздат, 1985. 351 с.
2. Левицкая Н. Г., Шаталова О. В. Современные тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье: науч. тр. РАСХН. Саратов, 2000. Ч. 2. С. 33–47.



3. Левицкая Н. Г., Иванова Г. Ф. Климат и урожай Саратовской области. Изменчивость и продуктивность климата Саратовской области на фоне глобального потепления. Саарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 96 с.
4. Немцев С. Н., Шарипова Р. Б. Влияние регионального изменения климата на продуктивность зерновых культур Ульяновской области // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса; под ред. В. В. Окоркова. Иваново, 2019. С. 20–25.
5. Новикова Л. Ю., Лоскутов И. Г., Дюбин В. Н. Анализ продолжительности вегетационного периода овса в трех регионах РФ в условиях изменения климата // Актуальные проблемы охраны природы и рационального природопользования: материалы 3 Международн. науч.-практ. конф. Чебоксары: Новое время, 2011. С. 139–140.
6. Оганесян В. В. Климатические изменения как факторы риска для экономики России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 3(373). С. 161–184.
7. Павлова В. Н., Каланка П., Караченкова А. А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78–94.
8. Папцов А. Г. Мировая агропродовольственная система и глобальные климатические изменения // АПК: Экономика, управление. 2017. № 11. С. 81–94.
9. Прогноз развития метеоситуаций на ближайшие десятилетия XXI века и реакция на них сельскохозяйственных культур. Краснодар, 1999. 90 с.
10. Романенков В. А. Изучение фактора климата в полевых опытах с удобрениями // Состояние и пути повышения эффективности исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями: материалы Всерос. конф. учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2012. С. 22–25.
11. Оценка рисков и направления адаптации сельского хозяйства на Северо-Западе России в условиях изменения климата / В. Н. Суровцев [и др.] // Региональная экология. 2015. № 6(41). С. 13–21.
12. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / М. П. Чуб [и др.] // Бюлл. Геосети ВНИИА. М., 2014. Вып. 15. 56 с.
13. Влияние минеральных удобрений на продуктивность овса (*Avena sativa* L.) в условиях длительного стационарного опыта на южном черноземе Поволжья / М. П. Чуб [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 1. С. 3–9.
14. Шарипова Р. Б. Современные изменения климата и агроклиматических ресурсов на территории Ульяновской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 2012. 23 с.

REFERENCES

1. Dospekhov V. A. Methodology of field experience. 5th ed., supplement and revision. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.).
2. Levitskaya N. G., Shatalova O. V. Modern trends of climate change and their impact on the productivity of agricultural crops in the Lower Volga region. Problems and ways of overcoming drought in the Volga region: scientific works of RAS. Saratov; 2000. Part 2. P. 33–47. (In Russ.).
3. Levitskaya N. G., Ivanova G. F. Climate and harvest of the Saratov region. Variability and productivity of the climate of the Saratov region against the background of global warming. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 96 p. (In Russ.).
4. Nemtsev S. N., Sharipova R. B. The impact of regional climate change on the productivity of grain crops of the Ulyanovsk region. Modern trends in scientific support of the agro-industrial complex. Edited by V.V. Okorkov. Ivanovo; 2019. P. 20–25. (In Russ.).
5. Novikova L. Yu., Loskutov I. G., Dyubin V. N. Analysis of the duration of the growing season of oats in three regions of the Russian Federation under climate change. In the collection: Actual problems of nature protection and rational nature management. Materials of 3 International scientific and practical conferences. Cheboksary: Novoye Vremya Publishing House; 2011. P. 139–140. (In Russ.).
6. Oganesyanyan V. V. Climatic changes as risk factors for the Russian economy. *Hydrometeorological studies and forecasts*. 2019;3(373):161–184. (In Russ.).
7. Pavlova V. N., Kalanka P., Karachenkova A. A. Productivity of grain crops on the territory of European Russia under climate change in recent decades. *Meteorology and hydrology*. 2020;(1):78–94. (In Russ.).
8. Paptsov A. G. The world agro-food system and global climate changes. *Agro-industrial complex: Economics, management*. 2017;(11):81–94. (In Russ.).
9. Forecast of the development of meteorological situations for the coming decades of the XXI century and the reaction of agricultural crops to them. Krasnodar; 1999. 90 p. (In Russ.).
10. Romanenkov V. A. Studying the climate factor in field experiments with fertilizers. State and ways to improve the effectiveness of research in the system of the Geographical network of experiments with fertilizers: Materials of the All-Russian Conference of institutions participating in the Geographical network of experiments with fertilizers. Moscow: VNIIA; 2012. P. 22–25. (In Russ.).
11. Risk assessment and directions of adaptation of agriculture in the North-West of Russia under climate change / V. N. Surovtsev et al. *Regional ecology*. 2015;6(41):13–21. (In Russ.).
12. The effectiveness of long-term use of fertilizers in the agrocenoses of the steppe zone of the Saratov Volga region in arid climate / M. P. Chub et al. *Byull. VNIIA geosets*. Moscow; 2014. Is. 15. 56 p. (In Russ.).
13. The influence of mineral fertilizers on the productivity of oats (*Avena sativa* L.) in conditions of long-term stationary experience on the Southern Chernozem of the Volga region / M. P. Chub et al. *Problems of agrochemistry and ecology*. 2016;(1):3–9. (In Russ.).
14. Sharipova R. B. Modern changes in climate and agro-climatic resources on the territory of the Ulyanovsk region: abstract. Diss. Candidate of Geographic Sciences. Kazan; 2012. 23 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 16.01.2022; одобрена после рецензирования 18.02.2022; принята к публикации 25.02.2022.
The article was submitted 16.01.2022; approved after reviewing 18.02.2022; accepted for publication 25.02.2022.