7. Rodin K. A., Nevezhin A. B., Narushev V. B. Influence of water and food regimes of the soil to change the root mass and yield of rice under drip irrigation // Agrarian scientific journal. 2020. № 8. P. 38-41.

8. Combination of natural and anthropogenic-regulated conditions for obtaining different rice yields using drip irrigation systems / I. P. Kruzhilin [et al.] // Russian agricultural science. 2016. № 5. P. 41-44.

9. Shah S. S., Hussein Sh. H. Exogenously applied plant growth regulators increase Morphophysiological growth and rice yield at high temperature // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 1250.

10. Sheudzhen A. H., Bondareva T. N. The effectiveness of the use of Zircon and Epin-Extra on rice crops // Polyfunctionality of the action of brassinosteroids: Collection of scientific tr. M.: "NEST M", 2017. P. 45-53.

11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // Journal of Agronomy and Crop Science. 2020. V. 206. I. 4. P. 491-503.

Authors Information

Rodin Konstantin Anatolyevich, senior research fellow of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru.

Nevezhina Ainagul Berkbaevna, research associate of the Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of agricultural Sciences, tel. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: esvoronts@mail.ru.

Информация об авторах

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Невежина Айнагуль Беркбаевна, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: esvoronts@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11

THE EFFECTIVENESS OF THE CULTIVATION OF WINTER RYE AND WHEAT WITH THE LONG-TERM USE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF UNSTABLE MOISTENING OF THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

V. Yu. Skorokhodov, *Candidate of Agricultural Sciences*

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»

Received 02.09.2021

Submitted 15.11.2021

*The research is carried out in accordance with the research plan for 2020-2021.
FGB-NU FNC BST RAS (No. 0761-2019-0003)*

Abstract

The cultivation of winter rye and wheat in the steppe zone of the Southern Urals stabilizes the grain economy of the region, especially in dry years with a decrease in the bio-productivity of spring crops. In the system of fertilizing winter crops, in order to increase grain yield and its quality, nitrogen fertilization in

early spring is of great importance, and the effectiveness of which largely depends on whether factors and the emerging nitrogen regime of the soil. The aim of the study is to identify the influence of systematic application of mineral fertilizers in the form of basic and top dressing of winter crops (rye and wheat) on their productivity in the conditions of unstable moistening of the steppe zone of the Southern Urals during a long-term study. The object of the study is winter rye and winter wheat, cultivated in six-field crop rotations with black steam on two backgrounds (fertilized and non-fertilized) nutrition with and without top dressing. The studies were conducted from 1990 to 2020. The use of mineral fertilizers as the main one made it possible to obtain a rye yield of more than 2 tons per 1 ha in 19 years, more than 3 tons in 13 years, more than 4 tons in 4 years out of 31. The use of top dressing on a background fertilized since autumn is ineffective and has led to a decrease in the yield of winter rye by 0.22 tons per 1 ha.

Keywords: *winter rye, winter wheat top dressing, productivity, nitrate nitrogen, crop rotation, soil fertility.*

Citation. V.Yu. Skorokhodov The effectiveness of the cultivation of winter rye and wheat with the long-term use of mineral fertilizers in conditions of unstable moistening of the steppe zone of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 105-117 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.14:633.11:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМЫХ РЖИ И ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и
агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 13.09.2021

Дата принятия к печати 18.11.2021

*Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2020-2021 гг.
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).*

Аннотация. Возделывание озимых ржи и пшеницы в степной зоне Южного Урала стабилизирует зерновое хозяйство региона, особенно в засушливые годы при снижении биопроductивности яровых культур. В системе удобрения озимых культур для увеличения урожайности зерна и его качества, большое значение отводится азотной подкормке ранней весной, эффективность которой в значительной степени зависит от погодных факторов и складывающегося азотного режима почвы. Целью исследования является выявление влияния систематического внесения минеральных удобрений в виде основного и подкормки озимых культур (ржи и пшеницы) на их продуктивность в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны Южного Урала при долголетнем исследовании. Объектом исследования выступают озимая рожь и озимая пшеница, возделываемые в шестипольных севооборотах с чёрным паром на двух фонах (удобренном и неудобренном) питания с подкормкой и без неё. Исследования проводились с 1990 по 2020 годы. Применение минеральных удобрений в качестве основного дало возможность получить урожайность ржи более 2 т с 1 га в 19 лет, более 3 т 13 лет, более 4 т 4 года из 31. Применение подкормки на удобренном с осени фоне малоэффективно и привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га.

Ключевые слова: *возделывание озимых культур, подкормка озимых культур, продуктивность озимых культур, нитратный азот, севообороты, плодородие почвы.*

Цитирование. Скороходов В.Ю. Эффективность возделывания озимых ржи и пшеницы при длительном использовании минеральных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 105-117. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание озимых ржи и пшеницы в степной зоне Южного Урала стабилизирует зерновое хозяйство региона, особенно в засушливые годы при снижении биопродуктивности яровых культур [1].

Озимые культуры (рожь и пшеница) обеспечивают стабильное производство зерна на счёт эффективного использования выпавших осенних, зимних и ранневесенних осадков являются устойчивыми к проявлению засухи в начальный период вегетации, эффективно используют питательные вещества минеральных удобрений [4, 5].

Большое влияние на уровень урожайности и качества зерна озимой ржи оказывают условия в зимнее время года, а также осадки, температурный режим в период налива – созревания зерна [11, 12].

Озимая рожь в силу своей неприхотливости в сравнении с озимой пшеницей менее требовательна к природным ресурсам и может произрастать на бедных почвах с повышенной кислотностью без большого ущерба для ее продуктивности [3], считается самой морозостойкой (выносит снижение температуры в зоне узла кущения до -22 °С) [20].

В зоне недостаточного увлажнения большое значение имеет получение дружных всходов и хорошо окрепших растений перед уходом в зиму [8].

Благодаря хорошо развитой с осени корневой системе озимые используют влагу более глубоких слоёв почвы, что позволяет избегать отрицательного воздействия различных видов засух [6].

В севооборотах интенсифицируются вещественно-энергетические потоки агроценозов, активнее протекают процессы синтеза и разложения органического вещества за счёт повышения биологической активности почвы [7].

Выбор оптимального срока и развитие растений с осени являются важными факторами при формировании устойчивых агроценозов озимых культур, когда закладывается основа структуры их урожайности и итоговой продуктивности [14].

Цель исследований – выявить влияние систематического внесения минеральных удобрений в виде основного и подкормки озимых культур (ржи и пшеницы) на их продуктивность в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны Южного Урала при долготлетнем исследовании.

Материалы и методы. Долготлетнее (31 год) исследование проводилось на опытном поле ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН», расположенном на правом берегу реки Урал, в 20 км восточнее города Оренбург, вблизи (0,5 км) посёлка Крона Оренбургского района с координатами участка - 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д. Почва участка – чернозём южный карбонатный среднесиловый тяжёлого механического состава с содержанием гумуса в пахотном (0-30 см) слое 3,2-4,0 %, общего азота – 0,20-0,30 %, доступного фосфора – до 2,5 мг, обменного калия – до 38 мг на 100 г почвы. Водородный показатель (рН) имеет нейтральную (7,0) и слабощелочную (8,0) реакцию почвенного раствора.

Климатическая среднееголетняя норма выпадающих за год осадков составляет 367 мм (большая их часть 250 мм выпадает в тёплое время года с апреля по октябрь). Вегетационный период имеет низкий показатель влагообеспеченности растений ГТК равный 0,70 единиц.

Объектом исследования выступают озимая рожь и озимая пшеница, возделываемые в шестипольных севооборотах с чёрным паром на двух фонах (удобренном и неудобренном) питания с подкормкой и без неё. Возделывание озимых культур осуществлялось на делянках с размерами: 7,2 х 15 м (удобренный фон 108 м²), 7,2 х 15 м (удобренный фон с подкормкой 108 м²), 7,2х15 (неудобренный с подкормкой 108 м²), 7,2х45 м (неудобренный фон 324 м², контроль).

На удобренном фоне питания применялись минеральные удобрения в дозе N₄₀P₈₀K₄₀ кг д.в. на 1 га. Подкормку озимых проводили ранней весной, сразу после схода снега (по черепку) аммиачной селитрой с нормой 30 кг д.в. на 1 га (рисунок 1).

Рисунок 1 – Ранневесенняя подкормка озимых «по черепку»

Figure 1 – Early-spring feeding of winter crops «according to the potsherd»

Опыты с озимыми культурами заложены в четырёхкратной повторности во времени и пространстве шестипольных севооборотов по следующей схеме:

1. Пар чёрный – озимая рожь (сорт Саратовская 6, норма высева 4 млн всхожих семян на 1 га) – яровая твёрдая пшеница (сорт Оренбургская 21, Н_в = 4,0 млн) – кукуруза на силос (РОСС – 144 МВ, Н_в = 80 тыс. на 1 га) – яровая мягкая пшеница (сорт Саратовская 42, Н_в = 4,5 млн) – ячмень (сорт Анна, Н_в = 4,0 млн).

2. Пар чёрный – озимая пшеница (сорт Комсомольская 56, Н_в=4,5 млн) – яровая твёрдая пшеница – просо (сорт Оренбургская 20, Н_в=3 млн) – яровая мягкая пшеница – ячмень (рисунок 2).

Оборудование и технические средства. Полевые опыты проводили согласно «Методике полевого опыта» (М.: Колос, 1985. 351 с.) и «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (М.: Колос, 1989. Вып. 2. 250 с.).

Агротехника возделывания озимых культур в севообороте – принятая для Центральной зоны Оренбургской области. Предпосевную культивацию проводили культиватором КПС – 4,0 (ОАО «КОРММАШ», Россия). Посев озимых выполнялся сеялкой СЗП-3,6 (ОАО «НПО СИБ-СЕЛЬМАШ», Россия), уборка комбайном САМПО-500

(Сампо-Резенлев, Финляндия). Статистическая обработка данных полевого опыта проводилась с помощью офисного программного комплекса («Microsoft Office») с применением программы «Excel» («Microsoft США») с обработкой данных в «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc, США) при помощи метода множественной регрессии.

а

б

Рисунок 2 – Вид озимых (ржи и пшеницы) и стационара по севооборотам:
а – фото с озимыми, б – фото вида стационара

Figure 2 –Type of winter crops (rye and wheat) and the hospital by crop rotation:
а – photo with winter crops, b – photo of the type of hospital

Результаты. Продуктивность озимых культур формируется под влиянием температуры воздуха и выпавших осадков двух периодов их вегетации: летне-осеннего и весенне-летнего. Нами определен показатель гидротермического коэффициента (ГТК по Селянинову) летне-осеннего (август, сентябрь) и весенне-летнего (май - август) периодов вегетации за 31 год исследований (с 1990 по 2020 годы). На рисунке 3 представлены ГТК двух периодов вегетации и урожайность озимой ржи на обычном (без удобрений) фоне (контрольный вариант) за многолетнее исследование.

Рисунок 3 – Урожайность озимой ржи на двух фона питания по годам эксперимента

Figure 3 – The yield of winter rye on two food sources by the years of the experiment

На рисунке отчётливо прослеживается зависимость уровня урожайности озимой ржи от показателя ГТК весенне-летнего периода. На графике кривая ГТК второго периода вегетации копирует уровень урожайности озимой ржи, что позволяет сделать предположение о связи двух показателей. Уменьшение числа гидротермического коэффициента приводит к понижению урожайности озимых культур.

Урожайность озимой ржи на четырёх фонах питания (неудобренный, неудобренный + подкормка, удобренный, удобренный + подкормка) за многолетний эксперимент приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность озимой ржи по годам исследований в зависимости от основного фона питания и весенней подкормки

Table 1 – The yield of winter rye according to the years of research, depending on the main background of nutrition and spring feeding

Год эксперимента / Year of experiment	Урожайность озимой ржи, тс 1 га / Yield of winter rye, ts 1 ha						
	фон питания / power background				прибавка + или - / increase + or -		
	неудобренный (контроль) / non-maneuverable (control)	неудобренный + подкормка / non-maneuverable (control)	удобренный / fertilized	удобренный + подкормка / fertilizers + top dressing	от основного удобрения / from the main fertilizer	от подкормки	
						неудобренный фон / non-maneuverable background	удобренный фон / fertilized background
1	2	3	4	5	6	7	8
1990	4,73		3,62		-1,11		
1991	3,80		3,56		-0,24		
1992	4,72		4,33	4,47	-0,39	-	0,14
1993	4,10	4,02	3,85	3,95	-0,25	-0,08	0,10
1994	1,69	1,60	1,69	1,64	0	-0,09	-0,05
1995	3,30	2,13	2,08	0,94	-1,22	-1,17	-1,14
1996	1,30	1,28	1,89	1,81	0,59	-0,02	-0,08
1997	1,53	-	1,58	-	0,05	-	-
1999	1,35	1,94	4,09	2,85	2,74	0,59	1,24
2000	2,12	-	2,95	-	0,83	-	-
2001	3,49	-	4,42	-	0,93	-	-
2002	1,13	1,08	1,44	1,36	0,31	-0,05	-0,08
2003	3,50	3,69	4,26	2,60	0,76	0,19	-1,66
2004	1,77	2,05	1,94	2,24	0,17	0,28	0,30
2006	2,56	3,27	2,41	2,61	-0,15	0,71	0,20
2007	2,45	2,98	3,02	3,39	0,57	0,53	0,37
2008	2,71	3,44	3,19	3,35	0,48	0,73	0,16
2009	2,72	3,33	3,33	3,52	0,61	0,61	0,19
2010	1,56	1,21	1,18	1,30	-0,38	-0,35	0,12
2011	1,51	1,87	2,72	3,06	1,21	0,36	0,34
2012	1,55	1,55	1,58	1,54	0,83	0	-0,04
2013	1,18	2,01	2,19	2,09	0,01	0,83	-0,10
2014	1,84	1,82	1,76	1,91	-0,08	-0,02	0,15
2015	1,44	1,14	1,49	1,97	0,5	-0,30	0,48
2016	2,12	3,09	3,11	2,41	0,99	0,97	-0,70
2017	1,57	2,44	2,66	2,09	1,09	0,87	-0,57
2018	2,95	2,56	3,58	2,90	0,63	-0,39	-0,68
2019	0,59	0,93	0,84	1,01	0,25	0,34	0,17
2020	2,33	2,60	3,38	1,59	1,15	0,37	-1,79

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Среднее за годы с подкормкой Average over the years with top dressing	2,05	2,26	2,58	2,36	0,53	0,21	-0,22
HCP ₀₅ NSR ₀₅	0,47	<u>0,43</u> 0,24	<u>0,44</u> 0,33	<u>0,39</u> 0,39			

Примечание: в 1998 и 2005 годах урожайность озимой ржи отсутствовала. Над чертой – HCP₀₅ по действию факторов, под чертой – HCP₀₅ по взаимодействию факторов с контролем.

Note: in 1998 and 2005, the yield of winter rye was absent. Above the NSR05 line on the action of factors, below the NSR05 line on the interaction of factors with control.

На контрольном варианте (неудобренный фон) урожайность озимой ржи превысила 2 т с 1 га в 1990-1993, 1995, 2000, 2001, 2003, 2006-2009, 2016, 2018, 2020, то есть 15 из 31 года, что составляет 50 % исследуемых лет. На фоне без удобрений четыре года (1991, 1995, 2001, 2010) урожайность ржи превысила 3 т и три года (1990, 1992, 1993) 4 т с 1 га. Использование минеральных удобрений в качестве основного дало возможность получить урожайность ржи более 2 т с 1 га – в 19 лет, более 3 т – 13 лет, более 4 т – 4 года из 31.

В ряде лет (1990-1995, 2006, 2010, 2014) отмечается отсутствие эффекта от применения минеральных удобрений в качестве основного.

При подкормке озимой ржи на неудобренном фоне прибавка урожайность в среднем за годы исследований составила 0,21 с 1 га.

Озимая пшеница менее урожайна в сравнении с озимой рожью на всех фонах питания. Урожайность озимой пшеницы ниже в среднем за годы исследований по неудобренному фону (контрольному варианту) на 0,42 т, по неудобренному фону с подкормкой – на 0,35 т, по удобренному фону – на 0,44 т, по удобренному фону с подкормкой – на 0,22 т с 1 га (таблица 2).

В среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы на обычном фоне составила более 2 т – 10 лет, более 3 т – 5 лет и более 4 т с 1 га – 3 года. По неудобренному фону с подкормкой сбор зерна более 2 т с 1 га составил 8 лет, более 3 т – 3 года, более 4 т – 2 года. На удобренном фоне в 1990, 1993, 2016 и 2020 годах получена урожайность свыше 4 т с 1 га, а при подкормке на удобренном фоне – только в 1993 году.

В таблице 3 приведены среднееголетние данные по содержанию основных питательных макроэлементов (азота, фосфора, калия) в три периода вегетации озимых культур (начало вегетации, возобновление вегетации весной будущего года, во время уборки озимых).

Применение азотных удобрений в качестве основного длительное (31 год) время привело к повышенному содержанию на удобренном фоне во все периоды наблюдений. Наибольшее количество нитратного азота отмечается в осенний период вегетации озимых и к их уборке в пятой ротации севооборотов, чему способствует пролонгированное действие внесённых минеральных удобрений на протяжении длительного временного периода.

Данное положение показано на рисунке 4

Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы по годам исследований
в зависимости от основного фона питания и весенней подкормки

Table 2 – The yield of winter wheat according to the years of research, depending
on the main background of nutrition and spring feeding

Год эксперимента / Year of experiment	Урожайность озимой пшеницы, тс 1 га / Yield of winter wheat, ts 1 ha						
	фон питания / power background				прибавка + или – / increase + or -		
	неудобрен- ный (кон- троль) / non- maneuvera- ble (control)	неудобрен- ный + под- кормка / non- maneuverable (control)	удоб- ренный / fertilized	удобренный + подкормка / fertilizers + top dressing	от основ- ного удоб- рения from the main fertilizer	от подкормки неудобрен- ный фон / non - ma- neuverable background	удобрен- ный фон / fertilized background
1990	4,42	-	4,00	-	-0,42	-	-
1991	2,39	-	1,92	-	-0,47	-	-
1992	2,87	-	2,56	2,42	-0,31	-	-0,14
1993	4,01	3,94	4,34	4,21	0,33	-0,07	-0,13
1994	2,19	2,29	2,43	2,24	0,24	0,10	-0,19
1997	1,03	-	0,79	-	-0,24	-	-
1999	0,79	0,96	1,95	1,53	1,16	0,17	-0,42
2000	1,23	-	1,19	-	-0,04	-	-
2001	3,27	-	3,36	-	0,09	-	-
2002	1,42	2,43	2,63	3,18	0,94	1,01	0,55
2003	3,13	2,25	2,54	2,48	-0,59	-0,88	-0,06
2004	0,98	1,07	1,06	1,11	0,08	0,09	0,05
2006	0,26	0,47	0,63	0,60	0,37	0,21	-0,03
2007	0,61	1,43	1,63	1,90	1,02	-0,18	0,27
2008	1,46	2,02	1,77	2,41	0,31	0,56	0,64
2009	2,47	2,53	2,42	3,12	-0,05	0,06	0,70
2010	0,29	0,42	0,57	0,33	0,28	0,13	-0,24
2012	1,60	1,69	1,67	2,13	0,07	0,09	0,46
2013	0,61	0,67	0,48	0,47	-0,13	0,06	-0,01
2014	1,18	1,36	1,82	1,59	0,64	0,18	-0,23
2016	4,13	4,38	4,32	3,36	0,19	0,25	-0,96
2017	1,84	1,90	2,74	3,19	0,90	0,06	0,45
2018	1,81	1,72	2,06	2,28	0,25	-0,09	0,22
2019	0,55	0,80	0,72	0,80	0,17	0,25	0,08
2020	2,66	4,06	4,56	3,56	1,90	1,40	-1,00
Среднее за годы с подкорм- кой Average over the years with top dressing	1,63	1,91	2,14	2,14	0,27	0,18	0
НСР ₀₅ NSR ₀₅	0,56	<u>0,58</u> 0,23	<u>0,55</u> 0,23	<u>0,56</u> 0,32			

Примечание: в 1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 годах урожайность озимой пшеницы отсутствовала. Над чертой – НСР₀₅ по действию факторов, под чертой – НСР₀₅ по взаимодействию факторов с контролем.

Note: in 1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 in years, the yield of winter wheat was absent. Above the NSR05 line on the action of factors, below the NSR05 line on the interaction of factors with control.

Таблица 3 – Содержание макроэлементов питания под посевами озимых культур в первой и второй год их вегетации в среднем по ротациям шестипольных севооборотов за 1990-2020 годы, мг на 100 г сухой почвы

Table 3 – The content of macronutrients under winter crops in the first and second year of their vegetation on average for rotations of six-field crop rotations and for 1990-2020, mg per 100 g of dry soil

Макроэлемент питания / Macronutrient nutrition	Ротация, НСР ₀₅ / Rotation, NSR ₀₅	Срок отбора почвенных образцов, фон питания / The period of selection of soil samples, the background of nutrition					
		осенью конец парования в посев озимых (начало вегетации) / in autumn, the end of fallowing in winter crops (the beginning of the growing season)		Весной (во время вегетации) / In spring (during the growing season)		осенью после уборки / in autumn after cleaning	
		A	B	A	B	A	B
N –NO ₃	I	15,3	13,5	9,7	7,3	11,1	7,5
	II	16,1	13,7	8,0	5,6	9,0	6,5
	III	13,7	10,4	5,3	3,5	4,3	2,9
	IV	14,4	13,1	3,3	3,8	14,1	12,2
	V	25,0	21,1	5,4	7,1	25,3	24,0
	среднее за 1990-2020 гг. / average for 1990-2020	17,5	14,6	6,1	5,4	12,4	10,5
	НСР ₀₅	2,91		1,20		1,90	
K ₂ O	I	52,7	48,6	48,1	46,8	48,9	46,8
	II	43,6	40,5	46,8	42,7	44,1	38,3
	III	48,8	38,1	42,2	38,6	44,8	41,3
	IV	38,7	37,1	41,9	37,4	41,5	38,3
	V	41,9	38,8	42,6	36,9	42,7	37,3
	среднее за 1990-2020 гг. average for 1990-2020	45,0	40,1	44,2	40,6	44,3	40,4
	НСР ₀₅ NSR ₀₅	2,16		2,57		2,62	

Примечание: А – удобренный фон, В – неудоженный; I – ротация 1990-1995 гг., II – ротация 1996-2001гг., III – ротация 2002-2007 гг., IV – ротация 2008 – 2013 гг., V – ротация 2014-2019 гг.

Note: A - fertilized background, B – non-fertilized; I - rotation 1990-1995, II - rotation 1996 -2001, III - rotation 2002-2007, IV - rotation 2008 - 2013, V - rotation 2014-2019.

Весной озимые интенсивно используют нитратный азот и в среднем его количество за годы исследований составило на удобренном фоне 6,1 мг, на неудоженном – 5,4 мг на 100 г почвы.

Калий имеет меньшую миграцию по сравнению с азотом, поэтому в среднем за годы эксперимента его количество находилось на одинаковом уровне во все периоды вегетации озимых культур. Удобренный фон отмечался повышенным содержанием калия в почве в сравнении с неудоженным, т.е. применение калийных удобрений длительное время имеет накопительный характер.

Рисунок 4 – Количество содержания макроэлементов азота и калия в период посева, вегетации и уборки озимых в среднем за 1990-2020 годы

Figure 4 – The amount of nitrogen and potassium macronutrients in the period of sowing, vegetation and harvesting of winter crops on average for 1990-2020

Обсуждение. Интегрирующим показателем действия всех факторов на культурные растения, отражающим интенсивность вещественно-энергетических потоков в агроценозах, является урожайность, по которой можно судить об уровне эффективного плодородия почвы.

Многие исследователи [9, 10, 17, 18, 21] считают невозможным воспроизводство плодородия почвы без систематического применения органоминеральных удобрений при получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур (совместное применение минеральных органических удобрений увеличивает урожайность зерна озимой ржи до 2,2 раза) [16].

В системе удобрения озимых культур для увеличения урожайности зерна и его качества большое значение отводится азотной подкормке ранней весной, эффективность которой в значительной степени зависит от погодных факторов и складывающегося азотного режима почвы [2, 19]. Ряд авторов считает высокоэффективной подкормку азотными удобрениями при небольших запасах (менее 75 кг на 1 га) нитратного азота в слое почвы 0-100 см [13, 15, 22].

В нашем опыте в среднем за годы исследований урожайность озимой ржи, возделываемой на удобренном фоне без подкормки, увеличивается на 0,53 т с 1 га. Наибольшая прибавка урожайности озимой ржи на удобренном фоне составила 2,74 т с 1 га в 1999 году.

Применение подкормки на удобренном фоне малоэффективно: за годы эксперимента привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га. Одиннадцать лет подкормка озимой ржи на удобренном фоне имела отрицательное влияние на урожайность (в 2003 году урожайность снизилась на 1,66 т в 2020 – на 1,79 т с 1 га).

Применение подкормки озимой пшеницы на удобренном фоне малоэффективно, а в некоторых случаях имеет отрицательный эффект. Шесть лет (1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 годы) урожайность озимой пшеницы отсутствовала.

Выводы:

1. В ряде лет при долголетнем исследовании отмечается отсутствие эффекта от применения минеральных удобрений в качестве основного.
2. Применение подкормки на удобренном с осени фоне малоэффективно и за годы эксперимента привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га.
3. Подкормка озимой пшеницы на удобренном фоне малоэффективна, а в некоторых случаях имеет отрицательный эффект.
4. Положительное влияние на урожайность озимых ржи и пшеницы оказывает пролонгированное действие минеральных удобрений. Урожайность озимой ржи на удобренном фоне увеличивается на 0,53 т с 1 га.

Библиографический список

1. Адаптация сроков посева озимой пшеницы к современным климатическим условиям Оренбургского Предуралья / Ю. А. Гулянов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 42-48.
2. Демидова А. Г., Ахмедшина Д. А. Эффективность разных форм азотного удобрения при ранневесенней подкормке озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (14). С. 4-13.
3. Исмагилов Р. Р., Абдулов В. Х. Сравнительный анализ формирования урожайности озимых зерновых культур в южной лесостепи Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 11-16.
4. 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.
5. Максимов В. А., Золотарёв Р. И., Лапшин Ю. А. Влияние минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 27-30.
6. Озимая пшеница в Уральском региона / Л. Т. Мальцева [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2014. № 6. С. 14-18.
7. Павлюченко А. У., Гриднева О. В., Пискарёва Л. А. Плодородие почвы и продуктивность ячменя под воздействием удобрений в кормовом севообороте // Земледелие. 2014. № 7. С. 18-20.
8. Трусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. Состояние озимых в ЦЧЗ и рекомендации по уходу за ними весной // Земледелие. 2015. № 3. С. 12-14.
9. Урожайность и качество зерна озимой ржи в зависимости от длительного применения органических и минеральных удобрений / И. Н. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 7. С. 71-72.
10. Химический состав пахотного слоя дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при длительном применении удобрений / И. Ш. Фатыхов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 4 (34). С. 107-110.
11. Чайкин В. В., Тороп А. А., Рыльков А. И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Чернозёмного региона // Земледелие. 2017. № 2. С. 32-36.
12. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 38-42.
13. Эффективность применения жидких и твёрдых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы / А. Н. Есаулко [и др.] // Земледелие. 2020. № 3. С. 38-40.

14. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the Steppe zone of the Southern Urals / L. V. Galaktionova [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2020. V. 579. P. 012088.

15. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.

16. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle / J. Albertsson [et al.] // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 70. P. 364-372.

17. First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron / C. Palma-Bautista [et al.] // Agronomy. 2018. V. 8 (8). P. 157.

18. Kraehmer H., Laber B. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safer technology: the path to modern agriculture // Plant Physiol. 2014. V. 166. P. 1119-1131.

19. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat // use of grain sorghum and winter wheat / A. J. Schiegl [et al.] // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. № 1. Pp. 269-280.

20. The effect on nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of Southern Urales / V. Yu. Skorokhodov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 624. P. 012202.

21. Weed dynamics and conservation agriculture principles / C. M. Pittelkow [et al.] // A review. 2015. V. 183. P. 56-68.

22. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe / B. Mhlanga [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 69. P. 1-8.

Conclusions:

1. In a number of years, with a long-term study, there is no effect from the use of mineral fertilizers as the main one.

2. The use of top dressing on a background fertilized since autumn is ineffective and over the years of the experiment led to a decrease in the yield of winter rye by 0.22 tons per 1 ha.

3. Fertilizing winter wheat on a fertilized background is ineffective, and in some cases has a negative effect.

4. The prolonged effect of mineral fertilizers has a positive effect on the yield of winter rye and wheat. The yield of winter rye on a fertilized background increases by 0.53 tons per 1 ha.

Reference

1. Adaptation of winter wheat sowing dates to modern climatic conditions of the Orenburg Urals / Yu. A. Gulyanov [et al.] // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 4 (84). Pp. 42-48.

2. Demidova A. G., Akhmedshina D. A. The effectiveness of different forms of nitrogen fertilizer in early spring feeding of winter wheat in conditions of unstable moisture Stavropol territory // Agricultural magazine. 2021. № 1 (14). Pp. 4-13.

3. Ismagilov R. R., Abduloev V. H. Comparative analysis of the formation of the yield of winter grain crops in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2021. № 1 (57). Pp. 11-16.

4. Maksimov V. A., Zolotareva R. I., Maksimova R. B. Influence of different doses of nitrogen top dressing on grain and fodder productivity of winter rye varieties in the conditions of the Republic of Mari El // Agrarian science of the Euro-North-East. 2018. Vol. 65. No. 4. P. 36-41.

5. Maksimov V. A., Zolotarev R. I., Lapshin Yu. A. The influence of mineral fertilizers on the economic indicators of cultivated varieties of winter rye in the conditions of the Republic of Mari El // Grain farming of Russia. 2020. № 4 (70). Pp. 27-30.

6. Winter wheat in the Ural region / L. T. Maltseva [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 6. P. 14-18.
7. Pavlyuchenko A. U., Gridneva O. V., Piskareva L. A. Soil fertility and productivity of barley under the influence of fertilizers in fodder crop rotation // Agriculture. 2014. No. 7. P. 18-20.
8. Trusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M. The state of winter crops in the Central Processing Plant and recommendations for caring for them in spring // Agriculture. 2015. No. 3. Pp. 12-14.
9. Yield and grain quality of winter rye depending on the long-term use of organic and mineral fertilizers / I. N. Belous [et al.] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. Vol. 29. No. 7. P. 71-72.
10. Chemical composition of the arable layer of sod-medium podzolic medium loamy soil with prolonged use of fertilizers / I. Sh. Fatykhov [et al.] // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2014. Vol. 9. No. 4 (34). Pp. 107-110.
11. Chaikin V. V., Torop A. A., Rylkov A. I. Winter and drought resistance of winter rye in the conditions of the Central Chernozem region // Agriculture. 2017. No. 2. P. 32-36.
12. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. The results of the assessment of adaptive indicators of the signs "yield" and "number of fall" of winter rye varieties in the conditions of the Kirov region // Grain farming of Russia. 2020. № 3 (69). Pp. 38-42.
13. Efficiency of application of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers in early spring fertilizing of winter wheat crops / A. N. Esaulko [et al.] // Agriculture. 2020. No. 3. P. 38-40.
14. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the Steppe zone of the Southern Urals / L. V. Galaktionova [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2020. V. 579. P. 012088.
15. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.
16. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle / J. Albertsson [et al.] // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 70. P. 364-372.
17. First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron / C. Palma-Bautista [et al.] // Agronomy. 2018. V. 8 (8). P. 157.
18. Kraehmer H., Laber B. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safener technology: the path to modern agriculture // Plant Physiol. 2014. V. 166. P. 1119-1131.
19. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat // use of grain sorghum and winter wheat / A. J. Schiegel [et al.] // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. № 1. Pp. 269-280.
20. The effect on nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of Southern Urales / V. Yu. Skorokhodov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 624. P. 012202.
21. Weed dynamics and conservation agriculture principles / C. M. Pittelkow [et al.] // A review. 2015. V. 183. P. 56-68.
22. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe / B. Mhlanga [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 69. P. 1-8.

Information about the authors:

Skorokhodov Vitaly Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of the Department of "Agriculture and PCT", FGBNU FSC BST RAS (460051, Orenburg region, Orenburg, Gagarin ave. 27/1)

ORCID: 0000-0003-4179-7784 E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru.

Информация об авторах:

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и РСТ», ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (460051, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1)

ORCID: 0000-0003-4179-7784 E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru.