

Научная статья
УДК 633.112.1:631.582(470.56)
doi: 10.28983/asj.y2023i12pp75-80

Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне целлюлозолитической активности почвы

Виталий Юрьевич Скороходов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Россия, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Аннотация. Длительные исследования выполнены в полевых условиях на стационаре по севооборотам и монокультурам отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «ФНЦ БСТ РАН», расположенном в Оренбургской области (51.775125° с.ш. и 55.306547° в.д.). Целью исследования являлось установление влияния целлюлозолитической активности почвы и количественного содержания в ней нитратного азота в сочетании метеорологических факторов на урожайность пшеницы, выращиваемой много лет (21 год) в севооборотах и монокультуре на Южном Урале. Объект исследования – яровая твердая пшеница, возделываемая в севооборотах различной ротации, а также почвенные образцы по вариантам эксперимента. При определении целлюлозолитической активности почвы применялся метод разложения льняной ткани под воздействием микроорганизмов. На величину урожайности твердой пшеницы оказывают влияние такие факторы, как предшественники, включая их последствие в системе севооборотов, а также пролонгированное действие минеральных удобрений. Средняя урожайность твердой пшеницы (за 21 год исследований) в шестипольных севооборотах составила 0,71 т/га, при удобрении – 0,76 т/га. Возделывание твердой пшеницы в двуполье увеличивает ее урожайность на 0,07 т, в шестиполье – на 0,23 т/га относительно моновозделывания культуры по двум фонам почвенного питания. Выращивание твердой пшеницы в шестипольном севообороте по сидеральному пару сопровождается повышенной целлюлозолитической активностью (12,0 %). При монокультуре твердой пшеницы увеличивается потребление N-NO₃ за вегетацию до 20 мг с удобрением, до 16 мг на 1 кг почвы на неудообренном фоне, что связано с увеличением засоренности и потреблением макроэлемента сорным компонентом. Доля выхода зерновых единиц твердой пшеницы в шестипольных севооборотах до 16,3 %, в двупольных – до 47,9 %, при моновозделывании культуры – 100 %.

Ключевые слова: целлюлозолитическая активность почвы; нитратный азот; севооборот; монокультура; урожайность яровой твердой пшеницы.

Для цитирования: Скороходов В. Ю. Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне целлюлозолитической активности почвы // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 75–80. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp75-80>.

AGRONOMY

Original article

Yield of spring durum wheat against the background of cellulolytic activity of the soil

Vitaly Yu. Skorokhodov

Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”, Orenburg, Russia, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru

Abstract. Long-term studies were carried out in the field at the station on crop rotations and monocultures of the department of agriculture and resource-saving technologies of the Federal State Budgetary Scientific Institution “FNTs BST RAS”, located in the Orenburg region (51.775125° N and 55.306547° E.). The purpose of the study was to establish the influence of the cellulolytic activity of the soil and the quantitative content of nitrate nitrogen in the soil in combination with meteorological factors on the yield of wheat grown for many years (21 years) in crop rotations and monoculture in the Southern Urals. The object of the study is spring durum wheat cultivated in crop rotations of various rotations, a set of crops and monoculture, as well as soil samples according to the experimental options. When determining the cellulolytic activity of the soil, the method of decomposition of linen fabric under the influence of microorganisms was used. The yield of durum wheat is influenced by such factors as predecessors, including their aftereffect in the crop rotation system, as well as the prolonged effect of mineral fertilizers. The average yield of durum wheat (for 21 years of research) in six-field crop rotations is 0.71 t/ha, with fertilizer 0.76 t/ha. Cultivation of durum wheat in two field crop rotation increases its yield by 0.07 t, in six fields 0.23 t/ha relative to monocultivation of the crop according to two backgrounds of soil nutrition. Cultivation of durum wheat in a six-field crop rotation on green manure fallow is accompanied by increased cellulolytic activity (12.0%). In the monoculture of durum wheat, the consumption of N-NO₃ during the growing season increases to 20 mg with fertilizer up to 16 mg per kg of soil on an unfertilized background, which is associated with an increase in weediness and consumption of the macronutri-





ent by the weed component. The share of output of grain units of durum wheat in six-field crop rotations is up to 16.3%, in two-field crop rotations up to 47.9%, with mono-cultivation of crops 100%.

Keywords: cellulolytic activity of soil; nitrate nitrogen; crop rotation; monoculture; productivity of spring durum wheat.

For citation: Skorokhodov V. Yu. Yield of spring durum wheat against the background of cellulolytic activity of the soil. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(12):75–80. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp75-80>.

Введение. На Южном Урале Оренбургская область лидирует по площади возделывания яровой пшеницы твердой в сравнении с другими засушливыми регионами страны. На сегодняшний день перед аграриями при производстве сельскохозяйственной продукции стоит задача увеличения урожайности полевых культур, в том числе яровой пшеницы твердой. Поэтому большое значение отводится изучению влияния на урожайность биологических факторов и прежде всего биологической активности почвы (БАП) и элементов почвенного питания [1, 8].

Одним из показателей почвенных био процессов является микробиологическая активность. Микроорганизмы разрушают целлюлозу клетчатки, накопленную пожнивными и другими растительными остатками, причем скорость разрушения клетчатки указывает на интенсивность биологических почвенных процессов, влияющих на продуктивность полевых культур [2, 5, 9]. Активизация жизнедеятельности микроорганизмов приводит к доступности элементов питания культурным растениям [7]. Увеличение нитратного азота на черноземных почвах стимулирует активизацию биологической активности почвы [6]. Активность почвенных процессов зависит от предшествующей культуры в севообороте [3, 10].

Цель данной работы состоит в установлении влияния целлюлозолитической активности почвы, количественного содержания нитратного азота в ней и метеофакторов на урожайность яровой пшеницы твердой, возделываемой длительное время в системе севооборотов и монокультуры на Южном Урале.

Методика исследований. Исследования проводили на стационарном почвенном участке с изучением севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур. Стационарный участок отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» расположен в Оренбургской области (51.775125° с.ш. и 55.306547° в.д.). Почва опытного участка – чернозем южный карбонатный среднесильный тяжелосуглинистый с содержанием (в слое 0–30 см) гумуса 3,2–4,0 %. Реакция почвенного раствора нейтральная – слабощелочная (рН = 7,0–8,1). В почве содержится общего азота 0,20–0,31 %, общего фосфора 0,14–0,22 %, обменного калия 300–380 мг/кг почвы.

Схема эксперимента представлена в табл. 1 и имеет следующий вид: 2А × 7В, где А – фон почвенного питания (удобренный фон $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без удобрения) и В – вариант предшественников в севооборотах и монокультуре. Рассмотрено возделывание яровой пшеницы твердой в монокультуре, двупольных севооборотах (при чередовании с яровой пшеницей мягкой и кукурузой на силос) и шестипольных (второй культурой в последствии черного пара и занятых паров и третьей – в севообороте с озимой рожью).

Эксперимент, согласно методике Б.А. Доспехова, закладывался в четырех повторениях. Площадь делянок под посевом яровой пшеницы твердой: в шестипольных севооборотах 1296 м² (из них 432 м² – удобренный фон), в двупольных и монопосеве 648 м² (из них 216 м² – удобренный фон). Ширина делянок в шестиполье 14,4 м, в двуполье и монопосеве 7,2 м. Длина удобренного фона делянки 30 м, неудобренного – 60 м.

Объектами исследования являлись посевы яровой пшеницы, возделываемой в севооборотах различной ротации и монокультуре, а также почвенные образцы по вариантам эксперимента. Агротехнология выращивания яровой пшеницы твердой – рекомендуемая для условий Оренбургской области.

Для определения количественного содержания нитратного азота в срок после посева культуры и ее уборки отбирали почвенные образцы пахотного (0–30 см) слоя почвы на двух несмежных повторениях и по двум фонам питания (с применением минеральных удобрений и без них) ручным пробоотборником в трех деляночных точках. Лабораторный анализ проводили по ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом».

При определении целлюлозолитической активности почвы применяли метод разложения льняной ткани под воздействием микроорганизмов [4]. В почву, на глубину 0–2 см, закладывали по две аппликационные пробы, состоящие из прямоугольников стекла размером 10 × 30 см с подшитой к ним взвешенной льняной тканью. Пробы устанавливали после посева культуры (в период всходов твердой пшеницы), спустя 90 дней извлекали, подсушивали и взвешивали ткань в лабораторных условиях. Процент целлюлозолитической активности почвы определяли с учетом убыли массы льняного полотна. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью программы Statistica 12.0.

Результаты исследований. На формирование зерна яровой пшеницы твердой большое влияние оказывают факторы внешней среды (выпадающие осадки и температура воздуха), в период недостаточного увлажнения (засухи) культура полностью зависит от них. В очень засушливые годы снижается эффективность агротехнических мероприятий. За 21 год исследований средняя температура воздуха в период вегетации составила 20,3 °С, что превысило показатель среднесезонной нормы (19,1 °С) на 1,2 °С (табл. 2).

Схема опыта с выходом зерновых единиц по культурам и в целом по севооборотам на двух фонах почвенного питания (в среднем за 2002–2022 гг.)

Севооборот, монополев	Вариант опыта	Номер поля, культура, пары						Выход зерновых единиц с 6 га	Доля выхода зерновых единиц твердой пшеницы, %	
		1	2	3	4	5	6			
Шестипольный севооборот	I	Пар чистый	Озимая рожь	Пшеница (т)	Просо	Пшеница (м)	Ячмень	<u>6,31</u>	<u>13,8</u>	
				2,29/1,93	0,87/0,82	0,66/0,74	1,01/0,91	1,48/1,30	5,70	14,4
	II	Пар чистый	Пшеница (т)	Пшеница (м)	Горох	Пшеница (м)	Ячмень	<u>5,22</u>	<u>16,3</u>	
				0,85/0,78	0,99/0,94	0,89/0,90	1,01/0,95	1,48/1,38	4,95	15,7
	III	Пар занятый	Пшеница (т)	Пшеница (м)	Просо	Пшеница (м)	Ячмень	<u>7,35</u>	<u>12,4</u>	
				2,28/1,98	0,91/0,85	1,01/0,90	0,73/0,71	0,98/0,90	1,44/1,28	6,62
	IV	Пар занятый (сидераты)	Пшеница (т)	Пшеница (м)	Кукуруза	Пшеница (м)	Ячмень	<u>6,55</u>	<u>13,9</u>	
				1,73/1,43	0,97/0,91	0,97/0,88	2,11/2,04	1,01/0,86	1,49/1,33	6,02
Двупольный севооборот	V	Пшеница (м)	Пшеница (т)	Пшеница (м)	Пшеница (т)	Пшеница (м)	Пшеница (т)	<u>5,10</u>	<u>46,5</u>	
				0,91/0,75	0,79/0,69	0,91/0,75	0,79/0,69	0,91/0,75	0,79/0,69	4,32
	VI	Кукуруза	Пшеница (т)	Кукуруза	Пшеница (т)	Кукуруза	Пшеница (т)	<u>8,01</u>	<u>29,6</u>	
				1,88/2,02	0,79/0,77	1,88/2,02	0,79/0,77	1,88/2,02	0,79/0,77	8,37
Моно-посев	VII	Пшеница (т)	Пшеница (т)	Пшеница (т)	Пшеница (т)	Пшеница (т)	Пшеница (т)	<u>4,20</u>	<u>100,0</u>	
				0,70/0,64	0,70/0,64	0,70/0,64	0,70/0,64	0,70/0,64	0,70/0,64	3,84

Примечание: над чертой – удобренный фон, под чертой – неудобренный фон, (т) – твердая, (м) – мягкая. Зерновые единицы определены путем умножения урожайности культуры на коэффициент перевода в зерновые единицы, утверждены приказом Минсельхоза России от 6 июля 2017 г. № 330.

Таблица 2

Показатели метеоусловий вегетационного периода и средняя урожайность яровой пшеницы твердой при возделывании в севооборотах и монокультуре на двух фонах почвенного питания

Год	Показатель							
	за вегетационный период			урожайность в среднем по севообороту, монокультуре, т/га				
	средняя температура воздуха, °С; сумма осадков, мм	ГТК и группа засушливости	в шестиполье		в двуполье		в монопосеве	
			А	В	А	В	А	В
2002	17,1 / 86	0,46 (III)	0,85	0,85	0,66	0,58	0,89	0,63
2003	18,4 / 229	1,09 (I)	1,75	1,67	1,83	1,64	1,01	1,42
2004	19,9 / 129	0,53 (III)	0,27	0,18	0,44	0,41	0,58	0,45
2005	20,2 / 114	0,44 (III)	0	0	0	0	0	0
2006	21,0 / 149	0,63 (II)	0	0	0	0	0	0
2007	20,2 / 177	0,75 (II)	0,84	0,71	0,53	0,69	0,54	0,57
2008	20,2 / 165	0,70 (II)	1,53	1,34	0,85	0,67	0,66	0,51
2009	19,9 / 130	0,56 (III)	1,50	1,49	0,95	0,89	0,75	0,73
2010	23,6 / 47	0,15 (III)	0	0	0	0	0	0
2011	20,3 / 138	0,59 (III)	1,51	1,44	1,19	1,12	1,37	1,0
2012	23,0 / 94	0,34 (III)	0,74	0,62	0,58	0,43	0,53	0,37
2013	20,6 / 216	0,82 (I)	0,89	0,62	0,76	0,60	0,77	0,56
2014	21,0 / 63	0,24 (III)	0,07	0,08	0,04	0,08	0,05	0,07
2015	19,9 / 127	0,57 (III)	0,29	0,23	0	0	0	0
2016	21,0 / 86	0,33 (III)	0,53	0,22	0,56	0,20	0,56	0,20
2017	19,5 / 126	0,46 (III)	1,91	1,91	1,14	1,29	1,15	1,18
2018	17,6 / 79	0,36 (III)	0,54	0,50	0,18	0,18	0,16	0,24
2019	20,1 / 168	0,68 (II)	0,46	0,41	0,50	0,53	0,29	0,37
2020	19,2 / 70	0,30 (III)	0,81	0,83	0,93	0,86	0,73	0,58
2021	23,3 / 65	0,23 (III)	0	0	0	0	0	0
2022	19,7 / 183	0,99 (I)	1,50	1,86	1,49	1,48	1,13	1,37
Среднее за 2002–2022 гг.	20,3 / 126		0,76	0,71	0,60	0,55	0,53	0,48
НСР ₀₅	0,8 / 25,18	0,12	0,30	0,32	0,25	0,25	0,19	0,22
			0,07		0,007		0,11	

Примечание: I – незначительно засушливый ГТК > 0,8; II – засушливый ГТК = 0,6–0,8; III – очень засушливый ГТК < 0,6 единиц; А – удобренный фон; В – неудобренный. Норма температуры воздуха за вегетацию 19,1 °С, сумма выпавших осадков 155 мм. над чертой – средняя температура воздуха, °С, под чертой – сумма осадков, мм.





Три года (2002, 2003, 2018) из 21 по температурному режиму вегетационного периода были ниже нормы. Самым прохладным было лето 2002 г., когда средняя температура воздуха вегетационного периода составила 17,1 °С. Самыми жаркими периодами вегетациями отличались 2010 г. (23,6 °С), 2012 г. (23,0 °С) и 2021 г. (23,3 °С). Сумма выпавших осадков за период вегетации сельскохозяйственных культур непосредственно влияет на характеристику года по засушливости. Так, наибольшее количество осадков за вегетацию выпало в 2003 г. (229 мм), 2013 г. (216 мм) и 2022 г. (183 мм), что характеризовало их как незначительно засушливые (I группа ГТК > 0,8 единиц по Г.Т. Селянинову). Четыре года (2006, 2007, 2008 и 2019) относились ко II группе засушливых лет. Четырнадцать из 21 года исследований в зависимости от температурного режима и выпавших осадков относились к III группе очень засушливых лет при ГТК < 0,6 единиц. В 2010 г. было зафиксировано наименьшее количество осадков при высокой температуре, а в 2003 г., напротив, большое выпадение осадков сопровождалось снижением температуры воздуха в течение вегетационного периода.

На рисунке представлена сумма выпавших осадков и средняя температура воздуха, показано влияние осадков на режим температуры.



Количество выпавших осадков и средняя за вегетацию температура воздуха

На величину урожайности яровой пшеницы твердой оказывают влияние такие факторы, как предшественники, включая их последствие в системе севооборотов, а также длительное применение удобрений в севооборотах и монокультуре. Средняя урожайность яровой пшеницы твердой за 21 год экспериментов в системе шестипольных севооборотов составила без удобрений 0,71 т/га, с удобрениями 0,76 т/га (см. табл. 2). Пролонгированное действие минеральных удобрений проявляется в прибавке урожайности культуры (0,05 т/га).

В двупольных севооборотах средняя урожайность культуры по удобренному фону 0,60 т/га, по неудобренному — 0,55 т/га, в монокультуре — 0,53 и 0,48 т/га соответственно фонам. Влияние севооборота и монокультуры на урожайность пшеницы твердой выражается в полученной средней урожайности. Так, возделывание пшеницы в двуполье увеличивает ее урожайность на 0,07 т, в шестиполье — на 0,23 т/га относительно моновозделывания культуры по двум фонам почвенного питания. В табл. 3 представлена урожайность изучаемой культуры в севооборотах (шестиполье и двуполье) и монопосевах по двум фонам почвенного питания.

В условиях степной зоны Южного Урала урожайность пшеницы в среднем за 21 год исследований составила 0,64–0,97 т/га. В шестипольных севооборотах при использовании сидерального пара создаются благоприятные условия для возделывания пшеницы твердой. За счет положительного действия запаханной сидеральной массы создаются необходимые условия для развития микроорганизмов, обеспечивающих урожайность пшеницы твердой 0,91 т без удобрения и 0,97 т/га на удобренном фоне. В почвозащитном севообороте (занятым летним посевом суданской травы) урожайность пшеницы твердой 0,91 и 0,85 т с 1 га соответственно фонам. Наименьшая урожайность пшеницы твердой (0,85 и 0,78 т/га соответственно фонам) в севообороте с чистым паром.

Длительное применение минеральных удобрений в шестипольных севооборотах приводит к повышению урожайности пшеницы твердой в среднем на 0,05–0,07 т/га. В двуполье, при чередовании с яровой мягкой пшеницей, прибавка урожайности пшеницы твердой от фона почвенного питания составила в среднем 0,1 т/га, с кукурузой на силос — 0,02 т/га. Урожайность пшеницы твердой при моновозделывании была наименьшей среди всех вариантов опыта, как на удобренном (0,70 т), так и неудобренном (0,64 т) фонах питания.

На формирование урожайности пшеницы оказывает влияние целлюлозолитическая активность почвы, которая определяется степенью разложения микроорганизмами льняного полотна. Возделывание яровой пшеницы твердой в шестипольном севообороте по сидеральному пару сопровождалось повышенной цел-

люлолитической активностью (12,0 %) на фоне минеральных удобрений, приводящей к получению урожайности 0,97 т/га (табл. 4).

Таблица 3

Урожайность пшеницы твердой в севооборотах и бессменном посеве по двум фонам питания (в среднем за 2002–2022 гг.)

Севооборот, монополев	Предшественник	Урожайность, т/га				
		фон почвенного питания		разница по фону	среднее значение по севооборотам, монокультуре	
		удобренный	неудобренный		удобренный	неудобренный
Шестиполье	озимая рожь	0,87±0,527	0,82±0,596	+0,05	0,90 0,76	0,84 0,71
	черный пар	0,85±0,653	0,78±0,669	+0,07		
	почвозащитный пар	0,91±0,588	0,85±0,626	+0,06		
	сидеральный пар	0,97±0,588	0,91±0,649	+0,06		
Двуполье	яровая пшеница мягкая	0,79±0,536	0,69±0,436	+0,10	0,79	0,73
	кукуруза на силос	0,79±0,406	0,77±0,495	+0,02	0,60	0,55
Яровая пшеница твердая		0,70±0,360	0,64±0,405	+0,06	0,70	0,64
НСР ₀₅		0,08	0,08		=	=
		0,02			=	=

Примечание: под чертой средняя урожайность яровой пшеницы твердой с учетом ее отсутствия в засушливые годы (2005, 2006, 2010, 2015, 2021)

Таблица 4

Показатель целлюлолитической активности почвы и содержания N-NO₃ под посевами пшеницы в севооборотах и бессменно на двух почвенных разностях (в среднем за 2002–2022 гг.)

Монополев Севооборот	Предшествующая культура, пар	Показатель								
		ЦАП, %			содержание N-NO ₃ в почве, мг/кг					
		фон питания		разница по фону	удобренный фон			неудобренный фон		
		удобренный	неудобренный		весна	осень	расход	весна	осень	расход
Шестиполье	Озимая рожь	9,8±6,81	9,7±7,32	+0,1	76,0±41,4	65,0±42,1	-11,0	63,0±35,2	56,0±40,2	-7,0
	Черный пар	10,3±7,40	9,7±5,71	+0,6	81,0±52,1	67,0±42,2	-14,0	69,0±43,0	62,0±38,9	-7,0
	Почвозащитный пар	9,8±7,86	10,9±6,46	-1,1	68,0±36,9	73,0±48,6	+5,0	60,0±29,4	61,0±43,9	+1,0
	Сидеральный пар	12,0±7,45	9,0±5,71	+3,0	80,0±46,3	68,0±42,3	-12,0	76,0±48,2	60,0±44,4	-16,0
Двуполье	Яровая пшеница мягкая	9,6±5,74	10,0±6,46	-0,4	82,0±52,4	67,0±46,7	-15,0	67,0±41,3	61,0±46,2	-6,0
	Кукуруза на силос	9,9±4,02	9,6±6,62	+0,3	86,0±47,1	82,0±46,2	-4,0	66,0±43,4	59,0±42,1	-7,0
Яровая пшеница твердая		9,8±8,00	9,1±5,80	+0,7	75,0±46,0	55,0±48,9	-2,0	68,0±34,0	52,0±37,7	-16,0
НСР ₀₅		0,76	0,69	-	0,53	0,75	-	0,46	0,32	-

Примечание: ЦАП – целлюлолитическая активность почвы.

Вместе с тем, в шестиполье с сидеральным паром отмечался большой расход N-NO₃ посевами твердой пшеницы, особенно на неудобренном фоне. Данный расход нитратного азота в период вегетации пшеницы в последствии сидерального пара объясняется потреблением самой культурой и интенсивным использованием микроорганизмами с целью разложения органической массы сидеральной культуры. В связи с большим выносом питательных веществ суданской травой летнего срока сева повышалась целлюлолитическая активность на 1,1 %, что сопровождалось стабилизацией содержания N-NO₃ от весны к осени и увеличением на 5,0 и 1,0 мг/кг соответственно фонам. В бессменных посевах пшеницы отмечали наибольшее потребление N-NO₃ за вегетацию культуры (на удобренном фоне 20,0 мг, на неудобренном – 16,0 мг/кг почвы), что в первую очередь связано с увеличением засоренности и потреблением макроэлемента сорным компонентом.

В целом по выходу зерновых единиц с 6 га севооборотной площади первое место среди шестипольных севооборотов занимает зернопаровой с занятым паром. Возделывание суданской травы в качестве парозанима-





ющей культуры обеспечивает дополнительно 1,98 зерновых единиц на обычном фоне без удобрений и 2,28 с использованием минеральных удобрений. В сумме по данному севообороту выход зерновых единиц составил на удобренном фоне 7,35, на неудобренном – 6,62. Однако доля выхода зерновых единиц пшеницы твердой в почвозащитном севообороте низкая и составляет 12,4 и 12,8 % на двух фонах соответственно. Для общего сравнения продуктивности шестипольных севооборотов с двупольными и монопосевом нами был проанализирован выход зерновых единиц в двуполье и монопоसेве с 6 га. Высокий выход зерновых единиц отмечали в двуполье с кукурузой за счет большой силосной массы – 8,01 и 8,37 соответственно фонам. Доля выхода зерновых единиц пшеницы твердой составила 29,6 и 27,6 % соответственно удобренному и неудобренному фону.

Доля выхода зерновых единиц пшеницы твердой в двуполье с мягкой пшеницей в среднем за 21 год исследования составила 46,5 и 47,9 %, а в монокультуре 100 % соответственно на удобренном и неудобренном фоне.

Заключение. Средняя урожайность пшеницы твердой за 21 год исследований в системе шестипольных севооборотов составила без применения удобрения 0,71 т, на фоне минеральных удобрений 0,76 т/га. Выращивание ее в шестипольном севообороте по сидеральному пару сопровождалось повышенной целлюлозолизитической активностью (12,0 %) на фоне минеральных удобрений, содействующей получению урожайности 0,97 т/га. Наибольшее потребление нитратного азота в период вегетации пшеницы твердой отмечали при бессменном возделывании культуры на удобренном фоне – 20,0 мг, на неудобренном – 16,0 мг/кг почвы. Это связано с увеличением засоренности монопосевов и потреблением макроэлемента сорным компонентом.

Таким образом, сельхозпроизводителям, ориентированным на производство зерна пшеницы твердой, рекомендуется ее выращивание в системе шестипольного севооборота с сидеральным паром и использованием минеральных удобрений. В условиях Южного Урала это приводит к получению урожайности культуры 0,97 т/га.

Исследование проведено в соответствии с планом НИР на 2022–2024 гг. № FNWZ-2022-0014 ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества твёрдой пшеницы в засушливых условиях / И. И. Васенёв [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 30–37.
2. Балашов В. В., Лёвкина К. В., Кудина К. А. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия НВ АУК. 2017. № 4. С. 29–35.
3. Влияние минеральных и микробиологических удобрений на биологическую активность каштановой почвы и продуктивность яровой твёрдой пшеницы в условиях сухостепного Заволжья / К. Е. Денисов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 27–30.
4. Востров И. С., Петрова А. Н. Определение биологической активности почвы различными методами // Микробиология. 1961. Т. 30. Вып. 4. С. 665–672.
5. Горянин О. И., Шербинина Е. В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 11–14.
6. Денисов К. Е., Поletaев И. С., Гераскина А. А. Влияние различных схем питания на урожайность яровой твёрдой пшеницы при разных способах основной обработки почвы // Аграрный журнал. 2022. № 5. С. 10–12.
7. Кузнецов Д. А. Влияние минеральных удобрений и норм высева на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 25–29.
8. Скороходов В. Ю. Совершенствование технологии возделывания яровой твёрдой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 11–14.
9. Скороходов В. Ю. Биологическая активность почвы как фактор влияния на урожайность пшеницы твёрдой в монокультуре и севооборотах степной зоны Южного Урала // Известия НВ АУК. 2022. № 3(67). С. 195–202.
10. Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсевалов М. И. Биологизация севооборотов и качество зерна яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2(46). С. 58–64.

REFERENCES

1. Analysis of limiting agroecological factors of productivity and quality of durum wheat in arid conditions / I. I. Vasenev et al. *Achievements of Science and Technology of the APK*. 2019;33(12):30–37. (In Russ.).
2. Balashov V. V., Lyovkina K. V., Kudina K. A. Productivity of spring durum wheat depending on hydrothermal conditions on light chestnut soils of the Volgograd region. *Izvestiya NV AUK*. 2017;(4):29–35. (In Russ.).
3. Influence of mineral and microbiological fertilizers on the biological activity of chestnut soil and the productivity of spring durum wheat in the conditions of the dry steppe Trans-Volga / K. E. Denisov et al. *Agrarian scientific journal*. 2022;(12):27–30. (In Russ.).
4. Vostrov I. S., Petrova A. N. Determination of the biological activity of the soil by various methods. *Microbiology*. 1961;30(4): 665–672. (In Russ.).
5. Goryanin O. I., Shcherbinina E. V. Improving the technology of cultivation of spring wheat in the Volga region. *Agrarian scientific journal*. 2020;(6):11–14. (In Russ.).
6. Denisov K. E., Poletaev I. S., Geraskina A. A. Influence of different nutrition schemes on the productivity of spring durum wheat with different methods of basic tillage. *Agrarian scientific journal*. 2022;(5):10–12. (In Russ.).
7. Kuznetsov D. A. Influence of mineral fertilizers and seeding rates on the productivity and quality of spring wheat grain. *Agrarian scientific journal*. 2020;(11): 25–29. (In Russ.).
8. Skorokhodov V. Yu. Improving the technology of cultivation of spring durum wheat in the steppe zone of the Southern Urals. *Agrarian scientific journal*. 2020;(6):11–14. (In Russ.).
9. Skorokhodov V. Yu. Soil biological activity as a factor influencing the productivity of durum wheat in monoculture and crop rotations in the steppe zone of the Southern Urals. *Izvestiya NV AUK*. 2022;3(67):195–202. (In Russ.).
10. Toygildin A. L., Morozov V. I., Podsevalov M. I. Biologization of crop rotations and grain quality of spring wheat in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;2(46):58–64. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 22.03.2023; одобрена после рецензирования 14.06.2023; принята к публикации 22.06.2023. The article was 22.03.2023; approved after 14.06.2023; accepted for publication 22.06.2023.