

## ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ПРОСА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

**Митрофанов Дмитрий Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и ресурсосберегающих технологий»

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Россия, 460000, г. Оренбург, улица 9 Января, 29; тел.: 8(987)-855-98-95, e-mail: dvm.80@mail.ru

**Ключевые слова:** просо, предшественник, севооборот, бессменный посев, минеральные удобрения, абиотические факторы среды, урожайность

В статье представлено исследование проса в системе сухого земледелия в зависимости от абиотических факторов среды степной зоны Южного Урала. В работе собраны многолетние данные (2002–2021 гг.) по воздушной температуре, осадкам, суховейным дням и урожайности зерна проса в Оренбургской области. Исследования проса проведены на экспериментальном полевоом участке, заложенного в 1990 году на южных чернозёмах Оренбургского района. Целью исследования является определение наилучшего влияния нерегулируемых погодных факторов (осадки, температура, суховеи) на урожайность проса в севооборотах и бессменном посеве после внесения минеральных удобрений. Исследование ведётся по общепринятой методике полевого опыта. Объектом эксперимента является просо. Схема опыта состоит из шести вариантов посева проса в четырёхкратной повторности. На основании проведенных исследований наблюдается максимальное количество осадков за июль 42,2 мм и июнь 33,3 мм. Повышенная температура отмечается в июле 22,8 °С и наибольшее количество суховейных дней в августе – 18. В среднем за период май–август температура составляет 20,5 °С, осадки – 125,6; 116,3 мм, суховеи – 64,0 дней. В исследовании наблюдается в основном отрицательная реакция проса на минеральные удобрения, приводящая к снижению урожайности в пределах от 0,80 до 0,52 т/га. Пятый вариант посева проса двупольного севооборота составляет наибольшую урожайность на агрофоне с удобрениями 1,21 т/га. В результате статистического анализа данных показано, что наилучшее воздействие на урожайность проса по двум уровням агрофона оказывают осадки, выпавшие в июле, кроме пятого варианта. Особенно во втором варианте полевого эксперимента определена доля влияния июльских осадков и составляет 70,81; 66,05 % при уровне значимости 0,000003; 0,000013. Необходимо возделывать просо по твёрдой пшенице в двупольном севообороте, так как применение удобрений обеспечивает прибавку на 0,35 т зерна.

**Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы: «Разработка научно-обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе адаптивных технологий возделывания зерновых колосовых и кормовых культур, применения новых технологических приёмов, совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия (№0526-2022-0014)» на 2022–2024 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН**

### Введение

В результате введенных санкций зарубежных стран против России произошло повышение рыночных цен на продовольственные товары, а также и на продукцию проса. В связи с этим выращивание проса является главным для производства зерна (пшеница) и крупы в Российской Федерации. Важнейшим источником питания для человека и животных являются зерновые злаки, в том числе и просо, которое является древнейшей крупяной культурой Евразии.

Урожайность зерна проса в севооборотах и бессменных посевах зависит в основном от погодных факторов (температура, осадки) и минеральных удобрений [1]. Погодные условия периода вегетации оказывают существенное

влияние на рост и развитие проса [2]. Анализ воздействия суммы активных температур на урожайность проса имеет обратную корреляционную зависимость в фазе выметывания и полной спелости зерна. В результате влияния выпавших осадков на урожай показано, что в фазе всходов, кущения и выметывания преобладает слабая корреляционная связь [3]. В других наблюдениях наоборот отмечена высокая корреляционная зависимость между выпавшими осадками в мае, во второй половине лета и урожайностью проса [4]. Наилучшее влияние на урожайность зерна оказывают сумма активных температур воздуха ( $r = -0,60 \dots -0,62$ ) и осадки ( $r = 0,35 \dots 0,53$ ) за период от стеблевания до цветения проса [5]. Воздействие неблагоприятных

условий окружающей среды ведёт к значительным потерям урожайности проса. Почвенная засуха и высокая температура воздуха являются важнейшими лимитирующими погодными факторами [6]. Агрометеорологические условия местности, которые определяются в период от посева до уборки проса играют основную роль в получении урожайности в независимости от уровня агротехники. В результате влияние на урожайность проса оказывают тепловой режим и влагообеспеченность территории [7]. После комплексной оценки агрометеорологических условий вегетационного периода выявлено, что просо более адаптировано к засухе, чем ранние яровые культуры [8]. При повышении количества выпавших осадков урожайность проса на удобренном агрофоне заметно возрастает [9].

В различных климатических зонах наблюдается повышение или снижение урожаев проса от внесения минеральных удобрений. Увеличить урожайность посевов проса до 0,35 т на 1 га можно при внесении удобрений промышленного производства  $N_{60}P_{60}$  кг действующего вещества (д. в.) под предпосевную культивацию [10]. В засушливые годы просо снижает урожайность зерна во всех короткоротационных севооборотах с чёрным, сидеральным и почвозащитным парами от применения минеральных удобрений  $N_{40}P_{40}$  кг д. в./га под осеннюю вспашку [11]. Для получения стабильных урожаев проса необходимо применять минеральные удобрения в дозе  $N_{60}P_{30}K_{60}$  кг д. в./га [12]. Наибольшая урожайность зерна проса 4,40 и 4,65 т/га получена после внесения удобрений в высокой дозе  $N_{90}P_{60}K_{90}$  кг д. в./га [13].

В связи со снижением посевных площадей проса в степной зоне Южного Урала проведено исследование по выявлению причины изменения урожайности зерна. В работе показаны наблюдения по определению важнейших абиотических факторов среды, минеральных удобрений и предшественников, влияющих на урожайность проса в севооборотах и бессменных посевах в аридной зоне Оренбургского области.

Цель исследования – установить наилучшее влияние нерегулированных погодных факторов (осадки, температура, суховеи) на урожайность проса в севооборотах и бессменном посеве после внесения минеральных удобрений.

#### **Материалы и методы исследований**

Наблюдения проведены с 2002 по 2021 гг. около п. Крона Оренбургского района на южных чернозёмах опытного экспериментального

участка по севооборотам и бессменным посевам. Объектом исследования является просо возделываемое в севооборотах и бессменно. Посевы проса размещены четвёртым полем в шестипольных (пар чёрный, озимая рожь, твёрдая пшеница, просо, мягкая пшеница, ячмень; паровое поле «чёрный, занятый, сидеральный», твёрдая пшеница, мягкая пшеница, просо, мягкая пшеница, ячмень) и двупольном (просо, твёрдая пшеница) севооборотах. Экспериментальный участок располагается на южном чернозёме, характеризующимся как карбонатный среднемощный малогумусный на тёмно-бурых песчаных суглинках.

Эксперимент ведётся по методике полевого опыта Б.А. Доспехова. Полевые делянки заложены в четырёхкратной повторности и двадцатикратной во времени по схеме  $A_{1-2} \times B_{1-6}$ , где:  $A_1$  – первый уровень агрофона с удобрениями и  $A_2$  – второй уровень без удобрений (контроль);  $B_1$  (I вариант посева) – предшественник твёрдая пшеница в последствии озимой ржи;  $B_2$  (II вариант) – предшественник мягкая пшеница в последствии чёрного пара;  $B_3$  (III вариант) – предшественник мягкая пшеница в последствии занятого пара суданской травой;  $B_4$  (IV вариант) – предшественник мягкая пшеница в последствии сидерального пара (посев овса с горохом);  $B_5$  (V вариант) – предшественник твёрдая пшеница;  $B_6$  (VI вариант) – бессменный посев.

Исследование проходит на двух уровнях (удобренный, неудобренный) агрофона. Размер делянки первого порядка составляет: ширина семь целых две десятых метра и длина девяноста ( $S^2 = 648 \text{ м}^2$ ) и второго –  $3,6 \times 90 \text{ м}$  ( $S^2 = 324 \text{ м}^2$ ). Осенью поперёк одной части делянок вносят сеялкой (СЗ-3,6) в почву азофоску и диаммофоску в дозе  $N_{40}P_{80}K_{40}$  кг д. в./га. Вторую часть делянок изучают без удобрений. Длина фона с удобрениями составляет тридцать метров и без них – шестьдесят. Контрольным вариантом посева проса является фон без применения минеральных удобрений. В первой или во второй декаде мая высеяны сеялкой СЗП-3,6 сорта проса с нормой на 1 га – три млн шт. всхожих семян: Оренбургское 9, Оренбургское 20, Оренбургское 24 и Данила. Учётная площадь делянки проса составляет сто восемьдесят квадратных метров. Во второй декаде августа уборка зерна проса проведена комбайном «Сампо-500» с измельчением и разбросом соломы на поверхность почвы. Агротехника и агротехнология возделывания проса в севооборотах и бессменных посевах является рекомендуемой для степной зоны

Таблица 1

**Показатели абиотических факторов среды за вегетационный период проса по полученным данным и полевым наблюдениям (2002-2021 гг.)**

Времена года развития проса	Абиотические факторы среды за период вегетации по данным			
	Оренбургского Гидрометцентра			дождемера
	воздушная температура, °С	осадки, мм	суховеи, дни	осадки, мм
Май	16,4/15,0'	31,0/41,0	16,0/14,0	29,9
Июнь	20,8/19,7	29,6/39,0	15,0/13,0	33,3
Июль	22,8/21,9	42,2/41,0	15,0/14,0	30,2
Август	21,9/20,0	22,8/34,0	18,0/15,0	22,9
Среднее за период	20,5/19,1	125,6/155,0	64,0/56,0	116,3

*Примечание: \*Перед чертой – среднее за 20 лет, после черты – среднемноголетнее значение; Средний Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова Г.Т. за период вегетации составляет 0,54 единиц*

Оренбургской области.

Климат изучаемой территории в основном засушливый. Наблюдения за абиотическими факторами среды (температура воздуха, осадки, суховейные дни) района проведены по данным Оренбургского Гидрометцентра. Выпавшие осадки в поле определены с помощью полевого дождемера, установленного на контрольной делянке. Гидротермический коэффициент увлажнения рассчитан по рекомендации Г.Т. Селянинова. Статистическая обработка результатов проведена с помощью множественного регрессионного анализа в программе «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc.», США). Все наблюдения, учёт, расчёты, анализы проведены по общепринятым методикам и рекомендациям данной зоны.

#### Результаты исследований

Наблюдения за абиотическими факторами среды на территории Оренбургского стационарного экспериментального участка показывают существенные изменения погодных условий в вегетационном периоде проса. За временной период 2002-2021 гг. в июле и июне наблюдаются наилучшие осадки 42,2 мм (норма 41 мм) и 33,3 мм (табл. 1).

Таким образом, уровень осадков по данным Оренбургского Гидрометцентра в мае, июне, августе ниже среднемноголетних показателей и составляет от 22,8 до 31,0 мм. Выпавшие осадки в полевых условиях за май, июль, август находятся в пределах от 22,9 до 30,2 мм. Повышенная воздушная температура отмечается в июле 22,8 °С, превышая лишь на 0,9 °С среднемноголетнюю норму 21,9 °С. В остальных месяцах периода вегетации проса просматривается превышение температуры по сравнению с нормой: в мае – на 1,4, в июне – на 1,1, в августе – на 1,9 °С. Наибольшее количество суховеев зафиксировано в августе, превышающее нормативный показатель на 3 дня и составляет 18 дней.

В первые три месяца (май, июль, июль) суховеи превышают установленную норму на 1 и 2 дня. В среднем за вегетационный период выпадают осадки 125,6 мм, что составляет 81,0 % от среднемноголетнего показателя 155,0 мм. По данным полевого дождемера содержится осадков 116,3 мм. Воздушная температура находится в пределах 20,5 °С, что больше нормы 19,1 на 1,4 °С. Число суховейных дней зафиксировано 64, тем самым превышая норму 56 на 8. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова Г.Т. в среднем показывает 0,54 единицы, что характеризует вегетационный период проса как средне засушливым.

В результате полевых опытов выявлено, что наибольшая урожайность проса наблюдается в пятом варианте опыта в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей после применения минеральных удобрений. На фоне с удобрениями урожайность проса составляет 1,21 т/га превышая контроль на 0,35 т (табл. 2). В отдельном 2019 году урожай проса пятого варианта достигает до 3,98 т/га и прибавка от удобрений составляет 1,69 т.

Таблица 2

**Урожайность зерна проса в зависимости от варианта посева и агрофона с минеральными удобрениями и без их применения, т/га (2002-2021 гг.)**

Агрофон	Вариант посева проса					
	I	II	III	IV	V	VI
С удобрениями	0,76	0,80	0,69	0,66	1,21	0,52
Без удобрений (контроль)	0,82	0,87	0,79	0,85	0,86	0,54

Наименьшая урожайность отмечается в бессменном посеве проса (шестой вариант) и

Таблица 3

**Влияние абиотических факторов среды на урожайность зерна проса в севооборотах и бесменном посеве (2002-2021 гг.)**

Вариант посева проса	Времена года	Влияние погодных факторов на урожайность проса			
		после внесения удобрений		без внесения удобрений	
		осадки района	полевые осадки	осадки района	полевые осадки
I*	июль	46,85/0,00	62,63/0,00	44,82/0,00	56,77/0,00
	за период	39,01/0,00	25,25/0,02	46,02/0,00	33,42/0,00
II	июль	48,39/0,00	70,81/0,00	48,12/0,00	66,05/0,00
	за период	36,36/0,00	22,85/0,03	46,93/0,00	35,17/0,00
III	июль	55,19/0,00	64,91/0,00	55,24/0,00	62,21/0,00
	за период	38,06/0,00	18,97/0,05	51,91/0,00	36,47/0,00
IV	июль	49,71/0,00	63,96/0,00	46,65/0,00	56,38/0,00
	за период	47,42/0,00	30,09/0,01	54,55/0,00	41,49/0,00
V	июнь	18,85/0,05	9,91/0,18	14,25/0,10	2,74/0,48
	июль	9,07/0,20	27,91/0,02	6,49/0,28	17,94/0,06
VI	июль	31,80/0,01	20,05/0,04	31,33/0,01	15,68/0,08

Примечание. Здесь и далее: \*Перед чертой – влияние фактора в %, после черты – критерий уровня значимости (различия достоверны при  $p \leq 0,05$ ), единиц

составляет 0,52 т/га ниже контрольного варианта на 0,02 т. По остальным вариантам посева проса удобренного фона урожайность находится в пределах от 0,66 до 0,80 т/га не выше контроля. На фоне без применения минеральных удобрений наилучшая урожайность просматривается на втором варианте и содержит 0,87 т/га. Сниженная урожайность зафиксирована в бесменном посеве и составляет 0,54 т/га. В других вариантах опыта неудобренного фона диапазон урожайности составляет от 0,79 до 0,86 т/га.

Благоприятное воздействие июльских осадков наблюдается во втором варианте полевого опыта и составляет 70,81 % с удобрениями и без них 66,05 % с уровнем значимости 0,000003 и 0,000013 (табл. 3). После внесения минеральных удобрений отмечается ослабление влияния выпавших июньских осадков в пятом варианте посева, и доля составляет 18,85 % при критерии уровня значимости 0,05. Влияние полевых осадков снижается в третьем варианте опыта за вегетационный период до 18,97 % с таким же критерием уровня.

В других вариантах посева просматривается на удобренном фоне положительная доля влияния осадков и находится в июле от 20,05 до 64,91 %, за период – 22,85-47,42 %. На фоне без удобрений уменьшение воздействия июльских осадков зафиксировано в шестом варианте эксперимента 31,33 % с уровнем значимости 0,01. По остальным вариантам посева диапазон положительного влияния осадков на урожайность проса составляет в июле от 44,82 до 62,21 %, за

период – 33,42-54,55 %. В пятом варианте опыта отмечается незначимое влияние осадков на урожай.

Наибольшее отрицательное влияние воздушной температуры на урожайность проса наблюдается в четвертом варианте опыта неудобренного фона в июле 24,87 % с уровнем 0,02 и за период (май-август) – 20,27 % при 0,04 единиц (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние температуры и суховея на урожайность зерна проса без применения минеральных удобрений в севооборотах и бесменном посеве (2002-2021 гг.)**

Времена года	Влияние на урожайность проса	Вариант посева проса		
		I	III	IV
Июль	Температура	18,52/0,06	23,40/0,03	24,87/0,02
Август	Суховея	18,85/0,05	11,35/0,15	16,18/0,08
За период (май-август)	Температура	16,37/0,08	14,78/0,09	20,27/0,04

В третьем варианте посева отмечается отрицательное действие июльской температуры воздуха на урожай культуры, и доля влияния составляет 23,40 % с уровнем значимости 0,03. По остальным вариантам посева проса и временам года не значимо воздействие температуры на урожайность зерна. В первом варианте опыта суховейные явления в августе отрицательно



вливают на урожай проса, и доля составляет 18,85 % при критерии уровня значимости 0,05. В других вариантах и месяцах вегетационного периода не наблюдается влияния суховеев.

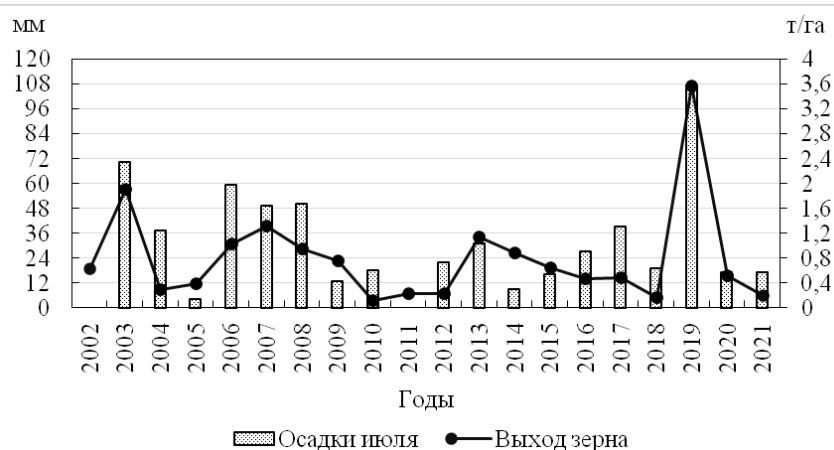
Воздействие выпавших июльских осадков в поле на урожайность зерна проса во втором варианте опыта удобренного фона представлено на рисунке.

#### Обсуждение

Наблюдения показывают засушливые агрометеорологические условия в периоде вегетации проса, что приводит к изменению урожайности зерна во всех посевах. В двупольном севообороте (пятый вариант опыта) происходит повышение урожайности зерна после внесения минеральных удобрений за счёт накопления питательных веществ в почве, засухоустойчивости проса и меньшего потребления элементов питания предшествующей твёрдой пшеницы. Таким образом, наилучшим предшественником проса является твёрдая пшеница в двупольном севообороте. Своими биологическими особенностями предшественник благоприятно воздействует на сохранение плодородия почвы, что приводит ко всем условиям выращивания проса.

В остальных вариантах посева применение минеральных удобрений не оказывает положительного влияния на увеличение урожайности проса. В результате действия минеральных удобрений происходит снижение урожая проса, особенно в бессменном посеве. При возделывании проса бессменно увеличивается содержание азота, фосфора и калия, приводящее к дисбалансу почвенного раствора. Отрицательный эффект от удобрений наблюдается в связи с биологическими особенностями проса, то есть в засушливых условиях они приводят к падению урожая. Повышение воздушной температуры и снижение влагообеспеченности ведут к снижению урожайности зерна проса. Неравномерное выпадение осадков и резкие перепады температуры создают стрессовую ситуацию для проса, при этом ослабляются рост и развитие культуры.

На основании полученных результатов сложно определить взаимосвязь между урожайностью зерна проса и абиотических факторов среды по отдельному варианту посева. В связи с этим проведена статистическая обработка данных за двадцать лет исследования с при-



**Рис. Влияние полевых осадков в июле на выход зерна проса по мягкой пшенице в шестипольном севообороте с чёрным паром после внесения минеральных удобрений (2002-2021 гг.)**

менением метода множественной регрессии в компьютерной программе. В работе выявлено влияние агрометеорологических факторов на урожайность проса по всем вариантам опыта. В результате статистической обработки данных установлено наилучшее влияние выпавших осадков в июле на урожайность проса на двух уровнях агрофона, кроме пятого варианта опыта. Из-за проявления засухи в июле происходит положительное влияние осадков на урожай проса.

Наилучшая положительная зависимость урожайности проса от влияния июльских осадков после применения минеральных удобрений показана на рисунке. В иллюстрации представлен график зависимости: чем больше (особенно в 2003, 2019 гг.) выпавших осадков в июле, тем выше урожайность зерна проса по мягкой пшенице в шестипольном севообороте с чёрным паром. В эти годы наблюдается наибольшее выпадение июльских осадков в поле (70 и 107 мм), что способствует увеличению урожайности проса (1,92 и 3,58 т/га) за счёт быстрого усвоения питательных веществ в почве. Несмотря на отсутствие июльских осадков в 2002 и 2011 гг., урожай проса сформирован на основании своей засухоустойчивости.

Максимальное отрицательное влияние температуры воздуха на урожайность проса отмечается в третьем и четвёртом вариантах опыта удобренного фона за счёт ослабления питательного режима почвы и неблагоприятных предшественников (особенно посева суданской травы и овса с горохом) в севооборотах. Суховейные явления в августе неблагоприятно воздействуют на урожай проса в первом варианте

эксперимента без применения минеральных удобрений. В результате наблюдается неустойчивость проса к суховеям. В остальных вариантах посева просо при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха является ветроустойчивой культурой.

#### **Заключение**

1. В результате наблюдений за нерегулируемыми абиотическими факторами среды показано существенное влияние на изменение урожайности зерна проса в севооборотах и бесменном посеве. Установлено положительное и отрицательное влияние осадков, воздушной температуры, суховеев, минеральных удобрений, предшественников на урожайность проса.

2. Благоприятное воздействие на урожай проса удобренного и неудобренного агрофона оказывают выпавшие осадки в июле, кроме пятого варианта опыта. Во втором варианте посева после предшественника мягкая пшеница наблюдается наилучшая положительная зависимость урожайности проса (0,80 т/га) от влияния выпавших июльских осадков в поле (30,2 мм) после внесения минеральных удобрений, и доля составляет 70,81 % с уровнем значимости 0,000003. Отрицательная зависимость урожая проса от воздействия температуры воздуха и суховеев наблюдается только в первом, третьем и четвёртом вариантах опыта.

3. В результате исследования определено, что неблагоприятное влияние минеральных удобрений на посевы проса оказывает по всем предшественникам (особенно четвёртый вариант опыта), что приводит к снижению урожайности на 0,02; 0,06; 0,07; 0,1 и 0,19 т/га, кроме двупольного севооборота. Внесение минеральных удобрений обеспечивает прибавку зерна на 0,35 т/га проса по твёрдой пшенице в двупольном севообороте.

4. На основании исследования выявлено, что наилучшая урожайность 1,21 т/га наблюдается на агрофоне с минеральными удобрениями после твёрдой пшеницы в двупольном севообороте. Наибольший сбор зерна проса на неудобренном агрофоне получен 0,87 т/га по мягкой пшенице в последствии чёрного пара в шестипольном севообороте.

5. В засушливых условиях степной зоны Южного Урала для получения в сельском хозяйстве более 1 т/га урожайности зерна проса необходимо применять посевы после твёрдой пшеницы в двупольном севообороте с внесением в почву азофоски и диаммофоски в дозе 40 кг азота, 80 кг фосфора и 40 кг калия д. в./га.

#### **Библиографический список**

1. Влияние погодных факторов на урожайность проса при возделывании в севооборотах и бесменном посеве на чернозёмах южных Оренбургской области / В. Н. Жижин, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов, Ю. В. Кафтан // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 4. – С. 217-225.

2. Куликова, А. Х. Влияние соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений на формирование посевов и урожайность проса / А. Х. Куликова, С. А. Антонова, Е. А. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(42). – С. 78-85.

3. Антимонова, О. Н. Формирование урожайности сортов проса посевного в зависимости от гидротермических условий / О. Н. Антимонова, Л. Ф. Сыркина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 10 (163). – С. 74-82.

4. Садовой, А. С. Влияние погодных условий на влагообеспеченность и продуктивность посевов проса при различных сроках сева / А. С. Садовой, А. В. Барановский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 71-73.

5. Сурков, А. Ю. Формирование урожайности проса и её элементов в зависимости от гидротермических условий / А. Ю. Сурков, И. В. Суркова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 18-23.

6. Сокурова, Л. Х. Лимитирующие факторы продукционного процесса проса посевного в Кабардино-Балкарии / Л. Х. Сокурова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 1(93). – С. 81-87.

7. Нестерова, И. М. Влияние сроков сева на урожайность зерна проса в условиях Северо-Восточной части Беларуси / И. М. Нестерова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 65-68.

8. Азизов, З. М. Урожайность проса, яровой мягкой пшеницы и яровой твёрдой пшеницы в условиях засушливого Поволжья / З. М. Азизов, В. В. Архипов, И. Г. Имашев // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2020. – № 1(24). – С. 11-13.

9. Филин, В. И. Эффективность удобрений в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области / В. И. Филин, В. И. Балакшина //

Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 72-80.

10. Малахов, А. В. Эффективность применения бентонитовой глины и минеральных удобрений под просо на чернозёме южном / А. В. Малахов, А. А. Громаков, В. В. Турчин // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4-1(38). – С. 80-85.

11. Скороходов, В. Ю. Продуктивность короткоротационных севооборотов с просом на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров, Н. А. Зенкова

// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5(79). – С. 82-86.

12. Парамонов, А. В. Влияние применения различных доз удобрений на урожайность проса в условиях Приазовской зоны Ростовской области / А. В. Парамонов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 5-2. – С. 75-78.

13. Персикова, Т. Ф. Совершенствование системы удобрения проса при возделывании в условиях Северо-Востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготко // Агрохимический Вестник. – 2020. – № 5. – С. 28-32.

## INFLUENCE OF ABIOTIC ENVIRONMENTAL FACTORS, MINERAL FERTILIZERS AND FORECROPS ON YIELD OF MILLET GRAIN IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

Mitrofanov D.V.

Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"

Russia, 460000, Orenburg, 9 January street, 29; phone: 8(987)-855-98-95, e-mail: dvm.80@mail.ru

**Key words:** millet, forecrop, crop rotation, monocrop, mineral fertilizers, abiotic environmental factors, yield

The article presents a study of millet in the system of dry farming, depending on abiotic factors of the environment of the steppe zone of the Southern Urals. The paper compiles long-term data (2002-2021) on air temperature, precipitation, dry wind days and millet grain yield in Orenburg region. Studies of millet were carried out on the experimental field plot founded in 1990 on southern black soils of Orenburg region. The aim of the study is to determine the best impact of unregulated weather factors (precipitation, temperature, dry winds) on millet yield in crop rotations and in monocrops after application of mineral fertilizers. The research was carried out according to generally accepted method of field experiment. The object of the experiment is millet. The scheme of the experiment consists of six variants of millet sowing in four repetitions. Based on the interesting points of the study, the maximum rainfall for July is 42.2 mm and for June is 33.3 mm. Elevated temperature is observed in July 22.8 °C and the largest number of dry windy days in August is 18. The average temperature for the period (May-August) is 20.5 °C, precipitation is 125.6; 116.3 mm, dry winds - 64.0 days. There is mainly a negative reaction of millet to mineral fertilizers in the study, leading to a yield decrease ranging from 0.80 to 0.52 t/ha. The fifth variant in a two-field crop rotation has the highest yield on the agricultural background with fertilizers of 1.21 t/ha. As a result of statistical analysis of the data, it is revealed that the best impact on millet yield at two levels of agricultural background is exerted by precipitation that fell in July, except the fifth variant. The share of the influence of July precipitation was notably determined in the second variant of the field experiment and was 70.81; 66.05% at a significance level of 0.000003; 0.000013. It is necessary to cultivate millet after hard wheat in a two-field crop rotation, since usage of fertilizers provides an increase by 0.35 tons of grain.

### Bibliography:

1. Influence of weather factors on millet yield in case of cultivation in crop rotations and monocrops on the southern black soils of Orenburg region / V. N. Zhizhin, V. Yu. Skorokhodov, D. V. Mitrofanov, Yu. V. Kaftan // Livestock breeding and feed production. - 2018. - V. 101, № 4. - P. 217-225.
2. Kulikova, A. Kh. Influence of straw, Baikal EM-1 biopreparation and mineral fertilizers on formation of crops and productivity of millet / A. Kh. Kulikova, S. A. Antonova, E. A. Yashin // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2018. - № 2 (42). - P. 78-85.
3. Antimonova, O. N. Yield formation of millet varieties depending on hydrothermal conditions / O. N. Antimonova, L. F. Syrkina // Vestnik of Krasnoyarsk State Agrarian University. - 2020. - № 10(163). - P. 74-82.
4. Sadovoi, A. S. Influence of weather conditions on moisture supply and productivity of millet crops at different sowing dates / A. S. Sadovoi, A. V. Baranovskiy // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. - 2019. - № 4 (78). - P. 71-73.
5. Surkov, A. Yu. Yield formation of millet and its elements depending on hydrothermal conditions / A. Yu. Surkov, I. V. Surkova // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. - 2018. - № 5. - P. 18-23.
6. Sokurova, L. Kh. Limiting factors of production process of millet in Kabardino-Balkaria / L. Kh. Sokurova // Izvestiya of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2020. - № 1 (93). - P. 81-87.
7. Nesterova, I. M. Influence of sowing time on yield of millet grain in the conditions of the North-Eastern part of Belarus / I. M. Nesterova // Vestnik of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2020. - № 4. - P. 65-68.
8. Azizov, Z. M. Productivity of millet, spring soft wheat and spring hard wheat in the conditions of the arid Volga region / Z. M. Azizov, V. V. Arkhipov, I. G. Imashev // Agrarian Vestnik of the South-East. - 2020. - № 1 (24). - P. 11-13.
9. Filin, V. I. Efficiency of fertilizers in the dry steppe zone of Volgograd region / V. I. Filin, V. I. Balakshina // Izvestiya of Nizhnevolsky agro-university complex: science and higher professional education. - 2019. - № 1 (53). - P. 72-80.
10. Malakhov, A. V. Efficiency of application of bentonite clay and mineral fertilizers for millet on southern black soil / A. V. Malakhov, A. A. Gromakov, V. V. Turchin // Vestnik of the Don State Agrarian University. - 2020. - № 4-1(38). - P. 80-85.
11. Skorokhodov, V. Yu. Productivity of short-rotation crop rotations with millet on black soils of the southern Orenburg Cis-Urals / V. Yu. Skorokhodov, A. A. Zorov, N. A. Zenkova // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. - 2019. - № 5 (79). - P. 82-86.
12. Paramonov, A. V. Influence of application of various doses of fertilizers on productivity of millet in the conditions of the Azov zone of Rostov region / A. V. Paramonov // International Journal of Humanities and Natural Sciences. - 2019. - № 5-2. - P. 75-78.
13. Persikova, T. F. Improvement of millet fertilizer system in case of cultivation in the conditions of the North-East of Belarus / T. F. Persikova, Yu. V. Kogotko // Agrochemical Vestnik. - 2020. - № 5. - P. 28-32.