

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРОСА В МОНОКУЛЬТУРЕ И СЕВООБОРОТАХ НА ДВУХ АГРОФОНАХ ПРИ ДОЛГОЛЕТНЕМ ИССЛЕДОВАНИИ В РЕГИОНЕ С НЕУСТОЙЧИВЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ

Скороходов Виталий Юрьевич, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

460000, г. Оренбург, улица 9 Января, 29; тел.: 8(3532)308346 e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru.

Ключевые слова: монокультура, севооборот, предшественник, удобрение, продуктивность, просо, сидеральный пар, занятый пар.

В статье рассматривается влияние последствий предшественников и севооборотов на продуктивность проса на двух агрофонах, а также долготлетнее его возделывание в монокультуре в регионе с неустойчивым увлажнением. Целью исследования являлось изучение влияния двух агроценозов на урожайность проса в последствии различных предшественников в условиях степной зоны Южного Урала. Долготлетние (31 год) опыты проводились в богарных условиях Оренбуржья. В результате проведенного эксперимента выявлено влияние действия и последствий предшественников, фона питания и метеофакторов вегетационного периода на формирование урожайности проса в севооборотах и при бессменном посеве. Выявлено влияние выпавших осадков двух летних месяцев (июнь и июль) на уровень урожайности проса. Обильное выпадение осадков в июне и июле способствует росту урожайности проса на двух фонах питания. Установлено отсутствие эффекта от применения минеральных удобрений, превышение урожайности проса на неудобренном фоне во второй, четвёртой и пятой ротациях севооборотов составило 0,01 т, в третьей - 0,09 т с 1 га. Возделывание проса в севообороте с занятым сидеральным паром приводит к увеличению урожайности во влажные годы в среднем на удобренном фоне до 3,20 т, неудобренном - 3,12 т с 1га. Продуктивность проса в монокультуре снижается относительно возделывания в севооборотах во все годы многолетнего эксперимента.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2020-2021 годы ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2022-0014)

Введение

Просо является теплолюбивой позднее высеваемой культурой и имеет отличия от других зерновых на воздействие факторов внешней среды, обладает большой стойкостью к высоким температурам [1].

Уровень урожайности проса зависит от метеоусловий, особенно в отдельные периоды вегетации, несмотря на его засухоустойчивость и жаростойкость [2 - 4].

По расчётам Неверова А.А. [5], погодные факторы в Оренбургской области оказывают доминирующее (61 %) влияние на урожайность проса, особенно среднесуточная температура воздуха третьей декады июля и осадки первой декады июля (35% в сумме факторов) [6].

На урожайность проса оказывают влияние факторы, предшествующие вегетации культуры прошлых лет, августа и ноября прошлого года, которые определяют долю вариации урожайности в 47,8 % случая [7].

Многие учёные [8, 9] отмечают, что для появления нормальных всходов необходима

температура почвы не ниже 10-12°C (оптимальная 30-35°C, максимальная - 40°C).

Повышенная температура при хорошем увлажнении ускоряет период от выметывания до созревания проса и влияет на формирование урожая [10].

Влажность почвы в период посева проса является главным критерием для нормального прорастания семени, в котором физиологические процессы проходят ускоренными темпами [11,12].

Степень сопряжения урожайности и влияния удобрений зависит не только от общего количества выпавших осадков, но и в большей части от характера их распределения в течение вегетационного периода [13-16].

По мнению М.П. Чуб [17], просо хорошо отзывается на последствие внесённых ранее удобрений, что объясняется обработкой почвы по типу полупара из-за посева культуры в поздние сроки. Используя принцип полупара при многократных обработках верхнего слоя, перед посевом активизируются микробиологические

почвенные процессы, увеличивая доступное количество соединений азота и фосфора для растений, тем самым снижается потребность в удобрениях [18].

Цель исследования: определить влияние двух агроценозов на урожайность проса в монокультуре и севооборотах в последствии различных предшественников в засушливых условиях степной зоны Южного Урала.

Материалы и методы исследований

Долголетние (31 год) опыты проводились в условиях богары с 1990 по 2020 годы на полевом стационаре по севооборотам и монопосевам сельскохозяйственных культур ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН». Опытный участок расположен в Оренбургском районе Оренбургской области с координатами – 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д.

Изучаемая культура просо возделывалась в четырёх севооборотах и монопосеве на двух фонах питания. Чередование культур в севооборотах:

1. Пар чёрный (с кулисами из подсолнечника), озимая рожь, яровая твёрдая пшеница, изучаемый вариант просо, яровые мягкая пшеница и ячмень;

2. Пар чёрный (с кулисами из подсолнечника), яровые твёрдая и мягкая пшеницы, изучаемый вариант просо, яровые мягкая пшеница и ячмень;

3. Пар занятый (посев суданской травы), яровые твёрдая и мягкая пшеница, изучаемый вариант просо, яровые мягкая пшеница и ячмень;

4. Пар занятый (сидераты горох + овёс), яровые твёрдая и мягкая пшеница, изучаемый вариант просо, яровые мягкая пшеница и ячмень.

Возделываемый сорт проса в опыте - Оренбургское 20 с нормой высева 3 млн. всхожих семян на 1 га.

Долголетнее полевое исследование проводилось на двух фонах питания: удобренном (вносили $N_{40}P_{80}K_{40}$ на одной трети делянки размером 3,6 x 30 м в севооборотах и 7,2 x 30 м - в монопосеве) и без внесения минеральных удобрений (размер делянок 3,6 x 60 м в севооборотах и 7,2 x 60 м в монопосеве).

Почвы опытного участка – чернозём южный карбонатный среднесиловый тяжелосуглинистый с содержанием в пахотном слое 3,2-4,0% гумуса, 0,2-0,3% общего азота, 1,5-2,5 мг фосфора и 30-38 мг на 100 г почвы калия обменного. Реакция почвенного раствора слабощелочная и

нейтральная (pH=7,0-8,1).

Результаты исследований

Результаты продуктивности проса при долголетнем исследовании получены в условиях многообразия метеофакторов, что является наиболее ценным в сравнении с краткосрочными опытами. В таблице 1 приведён гидротермический коэффициент вегетационного периода с 1990 по 2020 годы включительно. За годы эксперимента гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову) вегетационного периода характеризовался в пределах от незначительно засушливого ($ГТК \geq 0,8$ единиц) до очень засушливого ($ГТК \leq 0,6$). При долголетних исследованиях (31 год) семь лет были незначительно засушливыми ($ГТК \geq 0,6-0,8$) и 18 лет - очень засушливыми ($ГТК \leq 0,6$). Два года из 31 (2010 и 2018) урожайность проса отсутствовала по причине сильной засухи. В 2010 году гидротермический коэффициент не превысил 0,15, в 2018 – 0,34 единицы. На формирование урожайности проса оказывают влияние действие и последствие предшественников, фон питания и метеофакторы вегетационного периода (табл. 2).

Заметное влияние на уровень урожайности проса оказывают выпавшие осадки двух летних месяцев июня и июля (табл. 3).

Наибольшая урожайность проса в среднем по предшественникам на двух фонах питания получена в первый год закладки полевых опытов. В 1990 году урожайность проса на фоне с применением минеральных удобрений составила 5,35 т с 1 га, на неудобренном фоне - 4,91 т с 1 га. В сложившихся благоприятных погодных условиях 1990 года прибавка урожайности проса от применения минеральных удобрений составила 0,44 т с 1 га, которая превышает основную урожайность некоторых других лет эксперимента (в частности 2012 и 2017 годов).

Просо при возделывании в севооборотах прошло пять завершённых ротаций и в 2020 году первый год шестой ротации. В таблице 4 показана урожайность проса на двух фонах питания в среднем по ротациям севооборота. По среднеротационным данным отмечается спад урожайности проса на протяжении четырёх ротаций (от первой к четвёртой). Данное снижение урожайности проса происходит на фоне уменьшения индекса ГТК. Среднеротационный индекс ГТК составил в первой – 0,75, во второй – 0,67, в третьей – 0,65, в четвёртой – 0,53, в пятой – 0,43 единиц. В первой ротации средняя урожайность проса на удобренном фоне составила 2,76 т с 1 га и превысила неудобренный на 0,10 т с 1 га.

Таблица 1

Урожайность проса (т с 1 га) в среднем по предшественникам за годы эксперимента на двух фонах питания и выпавшие осадки по данным Оренбургского гидрометцентра

Год эксперимента	Урожайность проса в среднем по предшественникам*		Осадки, мм			ГТК вегетационного периода
	удобренный фон	неудобренный фон	за месяц		сумма за два месяца	
			июнь	июль		
1990	5,35	4,91	40	64	104	0,99
1991	1,98	2,34	21	15	36	0,29
1992	2,96	2,78	9	36	45	0,89
1993	2,38	2,32	40	91	131	0,76
1994	2,15	2,05	87	133	220	1,29
1995	1,72	1,56	20	31	51	0,27
1996	1,57	1,54	41	5	46	0,38
1997	3,60	3,44	58	104	162	0,96
1998	1,42	1,49	20	13	33	0,19
1999	2,54	2,50	25	28	53	0,61
2000	2,27	2,57	137	77	214	1,51
2001	1,10	1,03	56	0	56	0,38
2002	0,47	0,51	45	0	45	0,46
2003	1,84	2,06	74	72	146	1,09
2004	0,33	0,40	44	41	85	0,50
2005	0,66	0,71	39	54	93	0,44
2006	0,77	0,99	27	67	94	0,63
2007	1,19	1,15	32	92	124	0,75
2008	0,90	0,91	29	50	79	0,70
2009	0,63	0,70	20	14	34	0,56
2010	0	0	1	11	12	0,15
2011	0,76	0,93	38	28	66	0,59
2012	0,25	0,21	42	24	66	0,34
2013	1,47	1,35	24	74	98	0,82
2014	0,88	0,93	40	5	45	0,24
2015	0,64	1,13	20	29	49	0,57
2016	0,45	0,53	13	22	35	0,33
2017	0,41	0,41	39	34	73	0,46
2018	0	0	19	20	39	0,34
2019	3,13	2,57	6	105	111	0,65
2020	0,51	0,61	22	7	29	0,30

Примечание: * - предшественники проса (яровая мягкая пшеница в последствии чёрных, почвозащитных, сидеральных паров и монопосевов проса)

Таблица 2

Зависимость урожайности проса на двух фонах питания от показателя ГТК вегетационного периода

Фон питания	N = 29	БЕТТА	Стд. ош.	B	Стд. ош.	t(27)	P-уров.
Удобренный	св. член			0,317	0,412	0,770	0,447
	ГТК за вегетацию	0,536	0,162	1,956	0,592	3,302	0,0027
R = 0,54; R ² = 0,29 F(1,27) = 10,90							
Неудобренный	св. член			0,370	0,364	1,016	0,318
	ГТК за вегетацию	0,596	0,158	1,887	0,524	3,596	0,0012
R = 0,57; R ² = 0,32; F (1,27) = 12,93							

Таблица 3

Урожайность проса в зависимости от суммы выпавших летних за два месяца (июнь + июль) осадков на двух фонах

Фон питания	N = 29	БЕТТА	Стд. ош.	B	Стд. ош.	t(27)	P-уров.
Удобренный	св. член			0,747	0,392	1,905	0,067
	сумма осадков за два месяца	0,409	0,175	0,009	0,004	2,330	0,027
R = 0,41; R ² = 0,17; F(1,27) = 6,68							
Неудобренный	св. член			0,803	0,354	2,271	0,031
	сумма осадков за два месяца	0,423	0,174	0,008	0,003	2,431	0,022
R = 0,42; R ² = 0,18; F = (1,27) = 5,90							

Таблица 4

Урожайность проса на двух фонах питания и показатель ГТК вегетационного периода в среднем за ротацию севооборота

Ротация севооборота, годы	Средняя урожайность за ротацию, т с 1 га		Сумма осадков за ротацию, мм		Средний ГТК вегетационного периода за ротацию
	удобренный фон	неудобренный фон	июнь	июль	
Первая (1990-1995)	2,76	2,66	217	370	0,75
Вторая (1996-2001)	2,08	2,09	337	227	0,67
Третья (2002-2007)	0,88	0,97	261	326	0,65
Четвёртая (2008-2013)	0,67	0,68	164	201	0,53
Пятая (2014-2019)	0,92	0,93	137	215	0,43

В четырёх ротациях (со второй по пятую) эффект от применения минеральных удобрений отсутствует. Превышение урожайности на неудобренном фоне составило во второй, четвёртой и в пятой ротации 0,01т, в третьей- 0,09т с 1га.

На рисунке 1 представлен уровень урожайности проса на двух фонах питания в среднем по всем предшественникам в сопряжении с выпавшими осадками двух летних месяцев (июнь и июль) за период с 1990 по 2020 годы. Кривая суммы осадков за два месяца практически копирует урожайность проса на графике, что позволяет сделать вывод

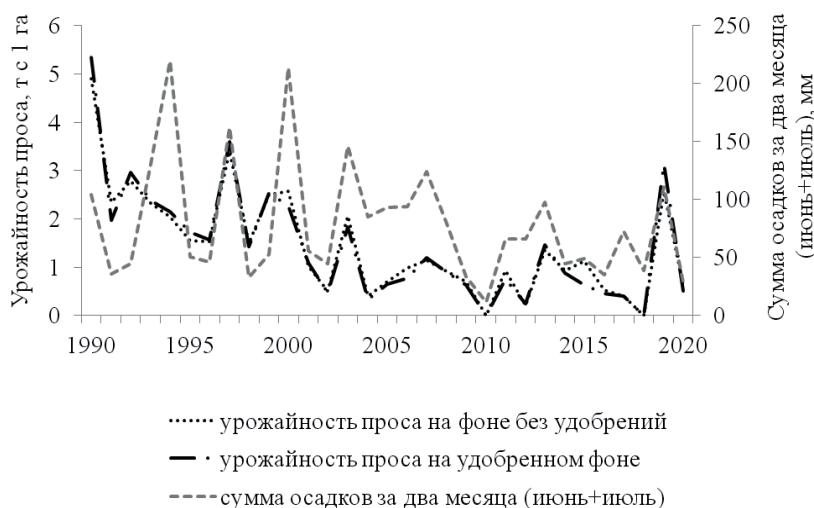


Рис. 1 - Уровень урожайности проса на двух фонах питания, ГТК и сумма выпавших осадков двух (июнь, июль) месяцев вегетации за годы эксперимента

Таблица 5

Урожайность проса в севооборотах с разными видами пара и монопосевах на двух фонах питания в среднем по годам засушливости вегетационного периода за 1990-2020 годы

Год	Фон питания	Урожайность проса, т с 1 га					монопосев проса
		в севообороте					
		с озимой рожью	с чёрным паром под твёрдую пшеницу	с занятым паром почвозащитным	сидеральным		
Незначительно засушливые годы (ГТК = 0,8 и более единиц). Среднее за 7 лет (1990, 1992, 1994, 1997, 2000, 2003, 2013)	I	2,93	3,03	2,85	3,20	2,08	
	II	3,02	2,87	2,62	3,12	2,03	
	средняя	2,97	2,95	2,73	3,16	2,05	
Засушливые (ГТК = 0,6>0,8). Среднее за 6 лет (1993, 1999, 2006-2008, 2019)	I	1,86	2,17	2,04	1,90	1,11	
	II	1,88	2,08	1,75	1,89	1,10	
	средняя	1,87	2,12	1,89	1,89	1,10	
Очень засушливые (ГТК = 0,6 и менее). Среднее за 18 лет (1991, 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009-2012, 2014-2018, 2020)	I	0,86	0,87	0,87	0,94	0,72	
	II	0,97	0,97	0,93	1,02	0,76	
	средняя	0,91	0,92	0,90	0,98	0,74	
Среднее за 1990-2020гг.	I	1,57	1,69	1,59	1,69	1,05	
	II	1,65	1,66	1,51	1,70	1,09	
	средняя	1,61	1,67	1,55	1,69	1,07	
НСР ₀₅ по фактору	A	0,55	0,55	0,53	0,56	0,43	
	B	0,52	0,48	0,43	0,51	0,40	
	A+B	0,11	0,12	0,18	0,12	0,08	

Примечание: I – удобренный фон, II – неудобренный фон

о тесной их связи. Обильное выпадение осадков в июне и июле способствует росту урожайности проса на двух фонах питания.

Набор культур в севооборотах с разными видами пара оказывает влияние на формирование урожайности проса в их последствии на двух фонах питания. В таблице 5 представлены долголетние данные урожайности проса, полученной по годам, сгруппированным по засушливости. Рассматривается уровень урожайности проса в последствии предшественников с различными видами пара в разные по засушливости годы. Положительное влияние на увеличение урожайности проса отмечается при возделывании его в севообороте с последствием занятого сидерального пара и в незначительно засушливые (в среднем за 7 лет) годы получено на удобренном фоне 3,20 т, на неудобренном - 3,12 т с 1 га. В очень засушливые годы (8 лет исследований) проявляется положительное последствие предшественников на урожайность проса в севообороте с сидеральным паром. Средняя урожайность проса по двум фонам питания в севообороте с сидеральным паром за большой ряд очень засушливых лет составила 0,98 т с 1 га (на удобренном фоне 0,94 т, на неудобренном - 1,02 т с 1 га).

В средnezасушливые годы (6 лет) наибольшая урожайность проса получена в севообороте с чёрным паром под яровую твёрдую пшеницу, в среднем по двум фонам 2,12 т с 1 га (2,17 т на удобренном фоне и 2,08 - на фоне без применения минеральных удобрений). В трёх севооборотах (с озимой рожью, почвозащитным и сидеральным паром) средняя урожайность проса по двум фонам имела одинаковые показатели 1,87-1,89 т с 1 га.

Обсуждение

В результате долголетних опытов проведённых в богарных условиях Оренбуржья выявлено действие и последствие предшественников, фона почвенного питания и метеорологических факторов вегетационного периода при формировании урожайности проса возделываемого в севооборотах и бессменно. Выявлено влияние выпавших осадков июня и июля на рост урожайности проса на двух фонах минерального питания. По расчётам Неверова А.А. [7] погодные факторы в Оренбургской области оказывают доминирующее (61%) влияние на урожайность проса, особенно среднесуточная температура воздуха третьей декады июля и осадки первой декады июля (35% в сумме факторов). Установлено отсутствие эффекта от применения

минеральных удобрений при возделывании проса. Так, урожайность проса в севообороте на фоне без применения удобрений выше, чем на удобренном во 2, 4 и 5 ротации на 0,01 т, в 3^{ей} на 0,09 т/га. Применение минеральных удобрений по мнению Жданова В.М. и др. [4] не оказывает положительного влияния на урожайность проса, в связи с использованием их в первую очередь сорными растениями. При возделывании проса в севообороте с занятым сидеральным паром во влажные годы увеличивается урожайность в среднем на неудобренном фоне до 3,12 т, на фоне минеральных удобрений до 32,0 т/га.

Заключение

1. На уровень урожайности проса оказывают большое влияние выпавшие осадки двух летних месяцев июня и июля (доля их влияния на урожайность проса на удобренном фоне составляет 41 %, на неудобренном 42 %).

2. На фоне уменьшения индекса ГТК за все годы исследований отмечается снижение урожайности проса.

3. Применение минеральных удобрений под просо на протяжении четырёх ротаций (со второй по пятую) неэффективно в связи с снижением урожайности на удобренном фоне.

4. Возделывание проса в севообороте приводит к увеличению его урожайности. Лучшим в благоприятные годы и в период острой засухи является севооборот с занятым сидеральным паром.

Библиографический список

1. Антимонова, О. Н. Формирование урожайности сортов проса посевного в зависимости от гидротермических условий / О. Н. Антимонова, Л. Ф. Сыркина // Вестник Крас ГАУ. – 2020. - № 10. – С. 74-82.

2. Millets: a solution to agrarian and nutritional challenges / A. Kumar, V. Tomer, A. Kaur [et al.] // Agric & Food Secur. - 2018. – № 7. – P. 31.

3. 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.

4. Урожайность проса за четыре ротации севооборотов на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов, Ю. В. Кафтан, Н. А. Зенкова, В. Н. Жижин // Известия Оренбургского государственного

аграрного университета. - 2014. - № 6(50). – С. 37-40.

5. Неверов, А. А. Влияние погодных климатических условий на формирование урожая проса в центральной на формирование рожая проса в центральной зоне Оренбургской области / А. А. Неверов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрОРАН (электронный журнал). – 2015. - № 4. – С. 8.

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

7. Неверов, А. А. Роль погодных климатических факторов восточной зоны Оренбуржья в формировании урожая проса / А. А. Неверов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрОРАН. - 2017. - № 3. – С. 7.

8. Агафонов, Н. П. Фенотипическая изменчивость проса в зависимости от метеорологических факторов / Н. П. Агафонов, З. П. Лузина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - Ленинград, 1973. - Т. 51, вып. 1.

9. Степанов, В. Н. Минимальные температуры для прорастания семян и появления всходов полевых культур / В. Н. Степанов // Селекция и семеноводство. - 1998. - № 1. – С. 15-19.

10. 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 [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. - 2018. – Т. 101, № 4. – С. 217-225.

11. Davd, C. Water use and environmental parameters influence proso millet yield / C. Davd, Merle F. Nielsen, Field Vigil // Grops Research Volume. - 2017. - P. 34-44.

12. Effects of Pre-and Post-heading Water Deficit on Grow and Grain Yield of Four Millets / Asana Matsuura, Wataru Tsiji, Ping An Shinobu Inanaga, Kouhei Murata // Plant Prod. Sci. - 2012.

- № 15(4). - P. 323-331.

13. Жижин, В. Н. Продуктивность и экономическая эффективность возделывания проса в короткоротационных севооборотах и при бесменном посеве на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В. Н. Жижин, В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве : Международный сборник научных трудов. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Оренбург, 2010. – С. 252-256.

14. Балакшина, В. И. Особенности выращивания яровой пшеницы в условиях сухостепной зоны Волгоградской области / В. И. Балакшина // Пермский аграрный вестник. – 2016. - № 2(14). – С. 4-8.

15. Пронько, В. В. Факторы усиливающие действие удобрений в засушливых условиях / В. В. Пронько // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. - № 4. – С. 33-36.

16. 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. 67-72.

17. Чуб, М. П. Оптимизация минерального питания культур и система удобрений в севооборотах на чернозёмах и тёмно-каштановых почвах засушливого Поволжья : спец. 06.01.04 : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Чуб Майя Павловна ; ВИУА. - Саратов, 1989. – 453 с.

18. Пищевой режим чернозёма южного и продуктивность проса (*Panicum Miliaceum* L.) в длительном стационарном опыте с удобрениями / М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, Д. Ю. Журавлёв // Проблемы агрохимии и экологии. - 2019. - № 1. – С. 3-9.

MILLET PRODUCTIVITY AS A MONOCULTURE AND IN CROP ROTATIONS ON TWO AGRICULTURAL BACKGROUNDS DURING A LONG-TERM STUDY IN A REGION WITH UNSTABLE MOISTURE CONDITIONS

Skorokhodov V.Yu.

Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center Federal Research Center Of
Biological Systems and Agrotechnologies of The Russian Academy Of Sciences
460000, Orenburg, 9 January st., 29; phone: 8(3532)308346 e-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru.

Key words: monoculture, crop rotation, forecrop, fertilizer, productivity, millet, green manure fallow, sown fallow.

The article dwells upon the aftereffect influence of forecrops and crop rotations on millet productivity on two agricultural backgrounds, also, its long-term cultivation as monoculture in a region with unstable moisture conditions. The aim of the study was the influence of two agrocenoses on millet yield in the aftereffect of various forecrops, in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Long-term (31 years) experiments were carried out in dry conditions of Orenburg region. As a result of the experiment, the influence of forecrop impact and aftereffect, nutritional background and meteorological factors of the

growing season on formation of millet yields in crop rotations and as monocrop was revealed. The influence of precipitation of two summer months (June and July) on the millet yield level was discovered. Abundant precipitation in June and July contributes to growth of millet yields on two nutritional backgrounds. No effect from mineral fertilizer application was noted. Millet yield rise on an unfertilized background in the second, fourth and fifth rotation of crop rotations amounted to 0.01 tons, in the third - 0.09 tons per 1 ha. Millet cultivation in crop rotation with green manure fallow leads to yield increase in wet years on average up to 3.20 tons on a fertilized background, 3.12 tons per 1 ha on an unfertilized background. Millet productivity as monoculture decreased in comparison with cultivation in crop rotations in all years of a long-term experiment.

Bibliography:

1. Antimonova, O.N. Yield formation of millet varieties depending on hydrothermal conditions / O.N. Antimonova, L.F. Syrkina, // Vestnik of Kras SAU. - 2020. - № 10. - P. 74-82.
2. Millets: a solution to agrarian and nutritional challenges / A. Kumar, V. Tomer, A. Kaur [et al.] // Agric & Food Secur. - 2018. - № 7. - P. 31.
3. Skorokhodov, V. Yu. Productivity of short crop rotations with millet on the 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.
4. Yield of millet for four rotations of black soil crop rotations of the southern Orenburg Cis-Urals / V. M. Zhdanov, V. Yu. Skorokhodov, Yu. V. Kaftan, N. A. Zenkova, V. N. Zhizhin // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. - 2014. - № 6(50). - P. 37-40.
5. Neverov, A. A. Influence of weather and climatic conditions on millet yield formation in the central zone of Orenburg region / A. A. Neverov // Vestnik of Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (electronic journal). - 2015. - № 4. - P. 8.
6. Surkov, A. Yu. Formation of millet productivity and its elements depending on hydrothermal conditions / A. Yu. Surkov, I.V. Surkova // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. - 2018. - № 5. - P. 18-23.
7. Neverov, A. A. The role of weather and climatic factors in the eastern zone of Orenburg region in millet yield formation / A. A. Neverov // Vestnik of Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. - 2017. - № 3. - P. 7.
8. Agafonov, N. P. Phenotypic variability of millet depending on meteorological factors / N. P. Agafonov, Z. P. Luzina // Scientific works on applied botany, genetics and breeding. - Leningrad, 1973. - V. 51, iss.1.
9. Stepanov, V. N. Minimum temperatures for seed germination and emergence of field crops / V. N. Stepanov // Selection and seed production. - 1998. - № 1. - P. 15-19.
10. Influence of weather factors on millet yield when cultivating in crop rotations and as a monocrop on the southern lack soils of Orenburg region / V. N. Zhizhin, V. Yu. Skorokhodov, D. V. Mitrofanov [et al.] // Animal breeding and feed production. - 2018. - V. 101, № 4. - P. 217-225.
11. Davd, C. Water use and environmental parameters influence proso millet yield / C. Davd, Merle F. Nielsen, Field Vigil // Grops Research Volume. - 2017. - P. 34-44.
12. Effects of Pre-and Post-heading Water Deficit on Grow and Grain Yield of Four Millets / Asana Matsuura, Wataru Tsiji, Ping An Shinobu Inanaga, Kouhei Murata // Plant Prod. sci. - 2012. - № 15(4). - P. 323-331.
13. Zhizhin, V. N. Productivity and economic efficiency of millet cultivation in short crop rotations and as a monocrop on black soils of the southern Orenburg Cis-Urals / V. N. Zhizhin, V. Yu. Skorokhodov, A. A. Zorov // Resource-saving technologies in agricultural production: International collection of scientific works. Federal State Budgetary Scientific Institution Orenburg Research Institute of Agriculture. - Orenburg, 2010. - P. 252-256.
14. Balakshina, V. I. Features of spring wheat cultivation in the conditions of the dry steppe zone of the Volgograd region / V. I. Balakshina // Perm Agrarian Vestnik. - 2016. - № 2 (14). - P. 4-8.
15. Pronko, V. V. Factors enhancing the effect of fertilizers in arid conditions / V. V. Pronko // Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2004. - № 4. - P. 33-36.
16. Filin, V. I. Efficiency of fertilizers in the dry steppe zone of chestnut soils of Volgograd region / V. I. Filin, V. I. Balakshina // Izvestiya of Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. - 2019. - № 1(53). - P. 67-72.
17. Chub, M. P. Improvement of mineral nutrition of crops and fertilizer system in crop rotations on black soils and dark chestnut soils of the arid Volga region: spec. 06.01.04: dissertation for the degree of doctor of agricultural sciences / Chub Maya Pavlovna; All-Russian Research Institute of Fertilizers and Agrosoil Science. - Saratov, 1989. - 453 p.
18. Nutritional regime of southern black soil and millet productivity (*Panicum Miliaceum* L.) in a long-term stationary experiment with fertilizers / M. P. Chub, V. V. Pronko, T. M. Yaroshenko, N. F. Klimova, D. Yu. Zhuravlev // Problems of agrochemistry and ecology. - 2019. - No. 1. - P. 3-9.