

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ПОГОДЫ НА КОЛЕБАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОСА ПОСЕВНОГО

**Камалеев Рамиль Дамирович**, кандидат сельскохозяйственных наук ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН  
460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29, 8 (35-32) 30-81-70, e-mail:  
kamaleevramil79@yandex.ru

**Ключевые слова:** просо посевное, уравнение регрессии, доля влияния фактора, метеоусловия.

В связи с долгопериодным изменением погодных условий будет изменяться реакция растений проса на внешние условия. В целях улучшения отбора в селекции проса необходимо выявить вклад метеоусловий в формирование его урожайности. В исследовательской работе изучена зависимость урожайности проса посевного от факторов погоды. Материалами исследования послужили урожайность стандарта в конкурсном сортоиспытании лаборатории селекции проса с 2002 по 2019 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. Метеорологические условия за аналогичные годы брались с агрометеопоста села Чебеньки Оренбургского района Оренбургской области. Регрессионную модель строили в программе Статистика. На основании результата регрессионного анализа получена модель со значимыми переменными, которая объясняет колебание урожайности проса в 87 % случаев. Основной вклад в формирование урожайности вносят следующие элементы погоды: осадки первой декады августа – 41,9 % и температура третьей декады июля – 24,4 %, которые приходятся на период выметывание – полная спелость. Низкое количество осадков или их отсутствие, а также высокая температура негативно сказывается на продуктивности проса. В селекционных питомниках проса в первую очередь необходимо отбирать линии, которые более устойчивы по сравнению со стандартом к неблагоприятным погодным условиям в период выметывание – полная спелость.

**Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания № FNWZ – 2022 – 0015**

### Введение

Приоритетной задачей селекции является создание сортов с высокой потенциальной урожайностью и высоким качеством, с устойчивостью к различным абиотическим и биотическим стрессам [1].

Одним из основных абиотических стрессов Оренбургской области является засуха. Для индексации засух применяют различные эмпирические методы. К числу основных относят индекс засушливости (S) Д.А. Педя и гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова [2].

Сама засуха в зависимости от времени проявления может быть ранне-весенней, весенней, летней, весенне-летней или сплошной [3, 4] и от времени проявления и продолжительности наносит различный ущерб сельскому хозяйству.

Наибольший урон засуха наносит с/х культурам при наступлении ее в период массового расхода влаги. Для ранних яровых зерновых культур максимальное потребление влаги приходится на период от выхода в трубку до колошения. В большинстве зон Оренбургской области данный период вегетации ранних яровых культур приходится на месяц июнь. В работе Тихонова В.Е. при построении многомерной модели урожайности яровой пшеницы в Оренбургской области именно метеорологические элементы июня вносили наибольший вклад в ее

вариацию [5].

Просо является культурой позднего срока сева, и его реакция на воздействие внешней среды резко отличается от других зерновых культур. Несмотря свою засухоустойчивость и жаростойкость, продуктивность проса сильно зависит от метеоусловий, особенно в отдельные периоды вегетации [6-10].

На величину урожая проса оказывает влияние изменение погодных условий, что особенно наблюдается в последнее время [11]. На сегодняшний день нет сомнений в глобальном изменении климата и его влиянии на продуктивность сельскохозяйственных культур [12-14].

В связи с изменением погодных условий будет изменяться реакция растений проса на внешние условия. В целях целенаправленного отбора материала в селекционных питомниках проса посевного для дальнейшего прогресса в селекции необходимо определить, от каких метеоусловий зависит урожайность проса в нашей зоне в последнее время.

Цель исследований: выявить вклад погодных факторов в формирование урожайности проса посевного в центральной зоне Оренбургской области

### Материалы и методы исследований

Материалами исследования послужили урожайность стандарта в конкурсном сортои-

спытании лаборатории селекции проса ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. С 2002 по 2004 гг. бралась урожайность стандарта Оренбургское 9, с 2005 по 2019 гг. - стандарта Оренбургское 20. Метеорологические условия за 2002-2019 гг. брались с агрометеопоста села Чебеньки Оренбургского района Оренбургской области (центральная зона Оренбургской области) Расстояние между селекционными питомниками проса и метеопостом - не более 2 км. Регрессионную модель строили в программе Статистика.

Посев проса мы проводим в большинстве лет в конце мая первых числах июня, а уборку - в первых числах сентября, поэтому для характеристики условий влагообеспеченности вегетационного периода каждого года мы использовали ГТК (гидротермический коэффициент Селянинова) за период июнь-август (табл. 1).

Согласно классификации влагообеспеченности по Зоидзе Е.К. и Хомяковой Т.В. [15]

- сильная засуха наблюдалась в 2002, 2005, 2009, 2014, 2016, 2018 гг.;

- средняя засуха в 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, 2015, 2019 гг.;

- слабая засуха в 2004, 2011, 2013, 2017 гг.;

- недостаточная влагообеспеченность отмечена в 2003 году.

#### Результаты исследований

В качестве предикторов модели могут выступать осадки, температура, дефицит влажности воздуха, а также интегральные показатели, такие как коэффициент атмосферного увлажнения, гидротермический коэффициент Селянинова и др. Они могут брать за декаду, месяц и за более обобщенные периоды. Для построения модели мы вначале брали ГТК за период июнь-август, так как считали, что интегральные показатели уменьшают размерность модели, но мы не нашли достоверной связи между влагообеспеченностью вегетационного периода и урожайностью, также мы не нашли связи между ГТК за май, июнь, июль, август каждый отдельно.

В дальнейшем мы искали зависимость от декадных данных (осадки, среднесуточная температура) как периода вегетации, так и предшествующего периода, начиная с сентября прошлого года. Всего в поиске было задействовано 96 переменных.

Результаты поиска отражены в таблице 2. Мы получили модель урожайности проса от факторов погоды, из которой видно, члены уравнения имеют значимые коэффициенты регрессии и наша модель математически достоверна.

Таблица 1

#### ГТК за период июнь-август (2002-2019 гг.)

Год	ГТК за июнь-август	Годы	ГТК за июнь-август	Годы	ГТК за июнь-август
1	2	3	4	5	6
2002	0,39*	2008	0,57	2014	0,32
2003	1,09	2009	0,37	2015	0,54
2004	0,61	2010	0,45	2016	0,23
2005	0,33	2011	0,65	2017	0,61
2006	0,53	2012	0,53	2018	0,3
2007	0,49	2013	0,66	2019	0,51

\* $(ГТК \text{ за июнь-август}) = (\text{сумма осадков за июнь-август} / \text{сумма температур } >10^{\circ}\text{C за июнь-август}) \times 10)$

Таблица 2

#### Зависимость урожайности проса от факторов погоды

Фактор погоды	Коэффициент регрессии	Уровень значимости	Доля влияния фактора, %
Свободный член	31,39271	0,000878	-
Осадки 1-й декады августа ( $X_1$ )	0,34454	0,000011	41,9
Температура 3-й декады июля ( $X_2$ )	-1,06954	0,003774	24,4
Осадки 1-й декады декабря (предшествующий периоду вегетации) ( $X_3$ )	0,40434	0,005412	20,5

Для полной регрессии:  $R^2 = 0,868$ ; F-факт = 30,8; уровень значимости = 0,00000

Коэффициент детерминации довольно высокий – 87 %. Сама модель имеет небольшую размерность, дисперсия урожайности проса детерминируется именно этими тремя факторами почти в 9 лет из десяти. На долю летнего периода приходится 66 % влияния, причем эти предикторы календарно близки. Положительный коэффициент регрессии осадков 1-й декады августа говорит о том, что с увеличением осадков урожайность проса увеличивается. Зависимость между температурой 3-й декады июля и урожайностью проса обратная (коэффициент регрессии отрицательный), с повышением температуры в этой декаде урожайность проса снижается. Факторы погоды предшествующего периода, а именно осадки 1-й декады декабря влияют на вариацию урожайности в двух случаях из десяти. Оставшаяся часть дисперсии приходится на



Рис. 1 - Урожайность проса фактическая и расчетная по уравнению множественной регрессии, ц/га.

Таблица 3

Описательная статистика зависимых и независимых переменных, входящих в уравнение регрессии

Показатель	Количество наблюдений	Диапазон	Размах	Среднее	S*,	V**, %
Урожайность, ц/га	18	3,8-44,6	40,8	15,3	9,3	60,7
Осадки 1-й дек. августа, мм	18	0-77	77	12,2	18,0	147,7
Температура 3-й дек. июля, °С	18	17-28,4	11,4	22,8	3,0	13,2
Осадки 1-й дек. декабря (предшествующий год), мм	18	0-51	51	12,9	12,3	95,3

\*- стандартное отклонение измеряется в тех же единицах, \*\*- коэффициент вариации

не выявленные факторы и ошибки измерения. Уравнение будет работать в пределах тех изменений предикторов, которые показаны в таблице 3

По уравнению регрессии:  $Y_p = 31,39271 + 0,34454 * X_1 - 1,06954 * X_2 + 0,40434 * X_3$  мы построили теоретический ряд урожайности (рис. 1.). Из рисунка видно, насколько удачно подобрана модель, расчетный ряд урожайности имеет хорошую сходимость с фактическим рядом.

### Обсуждение

В исследованиях Чекмарева В.В. и Зеленовой Ю.В. урожайность проса зависела от ГТК мая и июня. Высокая урожайность проса была при ГТК мая и июня больше единицы или близко к ней [16].

Жижикин В.Н. с соавторами [17] в своей работе выявили зависимость урожайности проса от температуры воздуха в августе и осадков, выпавших в июле.

Сурков А.Ю., Суркова И.В. [18] утвержда-

ют, что вариация урожайности проса на 45 % связана с осадками и суммой активных температур за период стебление – цветение.

В работе Антимоновой О. Н. и Сыркиной Л. Ф. [19] продуктивность проса в большей мере зависела от погодных условий в период выметывание – полная спелость.

В нашей работе мы не изучали зависимость урожайности проса от метеорологических элементов в межфазные периоды, но результаты нашего исследования в какой-то мере согласуются с работой Антимоновой О.Н., Сыркиной Л.Ф. Было сказано, что в 66 % случаев вариация урожайности обусловлена двумя факторами: температурой 3-й декады июля и осадками 1-й декады августа. Если учесть, что в большинстве лет фазу выметывания мы регистрируем 15-20.07, данные предикторы будут находиться и оказывать свое влияние именно в межфазный период «выметывание-полная спелость». Просо имеет второй критический период, который приходится на период от выметывания до хозяй-

ственной спелости [20]. Бокова З.Н., Пашкевич А.В. указывают, что в условиях Саратовской области неблагоприятные погодные условия в этот период (повышенная температура, отсутствие осадков) приводят к снижению продуктивности проса. И видимо в наших условиях второй критический период – наиболее важный в формировании урожайности проса.

#### **Заключение**

Поиск зависимости продуктивности проса от гидротермического коэффициента за месяцы теплого периода года и в целом за период вегетации не дал результатов, программа не нашла достоверных связей. Между прочим, в литературе часто используют этот показатель для характеристики влагообеспеченности той или иной культуры, в том числе и проса. Мы считаем, что в наших условиях использовать этот показатель нужно с осторожностью. Для объяснения дисперсии урожайности проса от метеорологических элементов нужны более дифференцированные данные. В результате поиска выявлены факторы погоды, которые вносят основной вклад в формирование урожайности проса, их доля влияния составляет 87 %. В 66 % лет продуктивность проса будет определяться погодой (осадки 1-й декады августа, среднемесячная температура 3-й декады июля), которые приходятся на межфазный период выметывание-полная спелость, поэтому в питомнике конкурсного сортоиспытания нужно отбирать селекционные номера, которые лучше переносят абиотический стресс по сравнению со стандартом именно в этот период.

#### **Библиографический список**

1. Жученко, А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. / А.А. Жученко. – Саратов, 2000. – 275 с.
2. Тихонов, В.Е. Засуха в степной зоне Урала: изд. второе, доп. / В.Е. Тихонов. – Оренбург: ООО Агентство «Пресса», 2005. – 347 с.
3. Шульмейстер К.Г. Борьба с засухой и урожай. / К.Г. Шульмейстер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 262 с.
4. Корчагин, В.А. Основные тенденции изменения агроклиматических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904 – 2004 годы) / В.А. Корчагин, О.И. Горянин. – Безенчук, 2005. - 76 с
5. Тихонов, В.Е. Погода и урожай в Оренбургском Приуралье / В.Е. Тихонов. – Оренбург: Типография УВД по Оренбургской области, 2009. – 236 с.

6. Kumar, A. Millets: a solution to agrarian and nutritional challenges / A. Kumar, V. Tomer, A. Kaur // *Agric & Food Secur*, 2018.- № 7. - P. 31.

7. Неверов, А.А. Роль погодно-климатических факторов восточной зоны Оренбуржья в формировании урожайности проса / А.А. Неверов // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал)*. – 2017. – № 3. – С. 1-10.

8. Неверов, А.А. Компьютерное моделирование связи урожая проса с погодно-климатическими условиями западной зоны Оренбургской области / А.А. Неверов // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал)*. – 2017. – № 1. – С. 1-10.

9. Урожайность и параметры адаптивности перспективных сортов проса посевного в условиях лесостепи Самарской области / О.Н. Антимонова, А.К. Антимонов, Л.А. Косых, Л.Ф. Сыркина // *Известия Самарского научного центра Российской академии*. – 2019. - №6 Т21. – С. 9-14 (УДК 633.171 : 631.527 : 631.559(470.40/.43).

10. Крючков А.Г. Ресурсы влаги и урожайность проса на черноземе обыкновенном в степи Оренбургского Предуралья. / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев // *Известия Оренбургского Государственного Университета*. – 2009. – №24-1 Т4 – С. 18-21.

11. Неверов, А.А. Влияние погодно-климатических условий на формирование урожая проса в центральной зоне Оренбургской области. / А.А. Неверов // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал)*. – 2015. – № 4. – С. 1-9.

12. Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агросферы России / О.Д. Сиротенко, Г.В. Груза, Е.В. Ранькова, В.Н. Абашина // *Метеорология и гидрология*. – 2007. – № 8. – С. 90-103.

13. Неверов, А.А. Современные тенденции изменения климата в Оренбургской области / А.А. Неверов // *Вестник мясного скотоводства*. – 2015. – № 1. – С. 117-121.

14. Папцов, А.Г. Глобальная продовольственная безопасность в условиях климатических изменений: монография / А.Г. Папцов, Н.А. Шеламова. – М.: РАН. 2018. 132 с

15. Зоидзе, Е.К. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической обстановки / Е.К. Зоидзе, Т.В. Хомякова // *Метеорология и гидрология*. – 2006. – № 2. – С. 98 – 105.

16. Чекмарев, В.В. Зависимость урожайности проса от факторов погоды в условиях Тамбовской области / В.В. Чекмарев, Ю.В. Зеленева // *Вестник Тамбовского университета*. Серия

Естественные и технические науки. – 2016. – Т21 – Вып. 2. Общая биология – С. 624-626. УДК 632.914 DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-624-626.

17. Влияние погодных факторов на урожайность проса при возделывании в севооборотах и бессменном посеве на черноземах 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. УДК 631.559:633.17.1(470.56).

18. Сурков, А.Ю. Формирование урожайности проса и ее элементов в зависимости от

гидротермических условий / А.Ю. Сурков, И.В. Суркова // Вестник Курской государственной академии – 2018. – № 5. – С. 18–23.

19. Антимонова, О.Н. Формирование урожайности сортов проса в зависимости от гидротермических условий / О.Н. Антимонова, Л.Ф. Сыркина // Вестник КрасГАУ – 2020. – № 10 – С 74-82. УДК 633.171:631.527:631.524.85 DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-74-82.

20. Бокова, З.Н. Зависимость урожайности и посевных качеств проса от погоды / З.Н. Бокова, А.В. Пашкевич // Селекция, семеноводство и технология возделывания проса на юго-востоке: Сб. науч. тр. – Саратов. – 1981. – С. 86 – 92.

## INFLUENCE OF WEATHER FACTORS ON FLUCTUATIONS IN PRODUCTIVITY OF COMMON MILLET

*Kamaleev R. D.,*

*Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences*

*460000, Orenburg region, Orenburg, 9 January st., 29, 8 (35-32) 30-81-70, e-mail: kamaleevramil79@yandex.ru*

**Keywords:** millet, regression equation, share of factor influence, weather conditions.

*Due to long-term changes in weather conditions, the response of millet plants to external conditions will change. In order to improve selection in millet breeding, it is necessary to identify the contribution of weather conditions to formation of its yield. The dependence of millet yield on weather factors as studied in the research work. The research materials were the standard yields in competitive variety testing of the millet breeding laboratory of Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences from 2002 to 2019. Meteorological conditions for similar years were taken from the agrometeoropost of the village of Chebenki, Orenburg district, Orenburg region. The regression model was built in the Statistics program. Based on the results of regression analysis, a model with significant variables was obtained that explains fluctuations in millet yield in 87% of cases. The main contribution to yield formation is made by the following weather elements: precipitation on the first ten days of August - 41.9% and temperature in the third ten days of July - 24.4%, which fall upon the period of emergence - full ripeness. Low or no rainfall and high temperatures negatively affect millet productivity. In millet breeding nursery pots, it is first necessary to select lines that are more resistant to adverse weather conditions during the period of emergence - full ripeness than the standard.*

### *Bibliography:*

1. Zhuchenko, A.A. *Fundamental and applied scientific priorities of adaptive intensification of crop production in the 21st century.* / A.A. Zhuchenko. – Saratov, 2000. – 275 p.
2. Tikhonov, V.E. *Drought in the steppe zone of the Urals: ed. second, upgr.* / V.E. Tikhonov. – Orenburg: OOO Press Agency, 2005. – 347 p.
3. Shulmeister K.G. *Drought control and harvest.* / K.G. Schulmeister. – M.: Agropromizdat, 1988. – 262 p.
4. Korchagin, V.A. *Main trends in changes of agroclimatic parameters of weather conditions in the Middle Trans-Volga region over the past 100 years (1904 – 2004)* / V.A. Korchagin, O.I. Goryanin. – Bezenchuk, 2005. – 76 p.
5. Tikhonov, V.E. *Weather and harvest in the Orenburg Urals* / V.E. Tikhonov. – Orenburg: Printing house of the Internal Affairs Directorate for the Orenburg region, 2009. – 236 p.
6. Kumar, A. *Millet: a solution to agricultural and nutritional challenges* / A. Kumar, V. Tomer, A. Kaur // *Agric & Food Secur*, 2018. - № 7. - P. 31.
7. Neverov, A.A. *The role of weather and climatic factors in the eastern zone of Orenburg region in formation of millet yield* / A.A. Neverov // *Vestnik of Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (electronic journal)*. – 2017. – № 3. – P. 1-10.
8. Neverov, A.A. *Computer modeling of the relationship between millet harvest and weather and climatic conditions in the western zone of Orenburg region* / A.A. Neverov // *Vestnik of Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (electronic journal)*. – 2017. – № 1. – P. 1-10.
9. *Productivity and adaptability parameters of promising varieties of millet in the forest-steppe conditions of Samara region* / O.N. Antimonova, A.K. Antimonov, L.A. Kosykh, L.F. Syrkin // *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy*. – 2019. - № 6 Т21. – P. 9-14 (UDC 633.171 : 631.527 : 631.559 (470.40)/43).
10. Kryuchkov A.G. *Moisture resources and millet yield on typical black soil in the steppe of the Orenburg Cis-Urals.* / A.G. Kryuchkov, V.I. Eliseev // *Izvestiya of Orenburg State University*. – 2009. – № 24-1 Т4 – P. 18-21.
11. Neverov, A.A. *The influence of weather and climatic conditions on formation of millet harvest 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. 1-9.
12. *Modern climatic changes in heat supply, humidity and productivity of the Russian agro-sphere* / O.D. Sirotenko, G.V. Gruza, E.V. Rankova, V.N. Abashina // *Meteorology and hydrology*. – 2007. – № 8. – P. 90-103.
13. Neverov, A.A. *Current trends in climate change in Orenburg region* / A.A. Neverov // *Vestnik of beef cattle breeding*. – 2015. – № 1. – P. 117-121.
14. Paptsov, A.G. *Global food security under climate change: monograph* / A.G. Paptsov, N.A. Shelamova. – M.: RAS. 2018. 132 p
15. Zoidze, E.K. *Modeling the formation of moisture supply on the territory of European Russia in modern conditions and the basis for assessing the agroclimatic situation* / E.K. Zoidze, T.V. Khomyakova // *Meteorology and hydrology*. – 2006. – № 2. – P. 98 – 105.
16. Chekmarev, V.V. *Dependence of millet yield on weather factors in Tambov region* / V.V. Chekmarev, Yu.V. Zeleneva // *Vestnik of Tambov University. Series Natural and technical sciences*. – 2016. – Т21 – Issue. 2. *General biology* – P. 624-626. UDC 632.914 DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-624-626.
17. *The influence of weather factors on yield of millet when cultivated in crop rotations and continuous sowing on black soils in the southern Orenburg region.* / V.N. Zhizhin, V.Yu. Skorokhodov, D.V. Mitrofanov, Yu.V. Kaftan // *Animal husbandry and feed production*. – 2018. – V. 101 – № 4. – P. 217-225. UDC 631.559:633.17.1(470.56).
18. Surkov, A.Yu. *Formation of millet yield of and its elements depending on hydrothermal conditions* / A.Yu. Surkov, I.V. Surkova // *Vestnik of Kursk State Academy* – 2018. - № 5. - P. 18–23.
19. Antimonova, O.N. *Yield formation of millet varieties depending on hydrothermal conditions.* / O.N. Antimonova, L.F. Syrkin // *Vestnik of KrasSAU* – 2020. – № 10 – P 74-82. UDC 633.171:631.527:631.524.85 DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-74-82.
20. Bokova, Z.N. *Dependence of yield and sowing qualities of millet on weather* / Z.N. Bokova, A.V. Pashkevich // *Selection, seed production and technology for millet cultivation in the southeast: Collection of scientific works.* - Saratov. – 1981. – P. 86 – 92.