

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК633.171

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-31-44



Динамика изменчивости хозяйственных признаков проса сорта 'Горлинка' в климатических условиях южной части Восточно-Европейской равнины

Т. В. Кулемина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Владимировна Кулемина, kkku@ya.ru

Актуальность. Смена температурных режимов характеризуется цикличностью; начиная с 1970-х годов этот процесс стал усиливаться в несколько раз быстрее в сторону глобального потепления климата. Прогнозируется, что влияние высокой температуры и засухи приведет к нежелательным последствиям для экономики, снижению урожайности, угрозе продовольственной безопасности. Данный фактор требует оценки происходящих климатических изменений и выделения причин, определяющих реакцию растений на них.

Материалы и методы. Объектом исследования служил районированный сорт проса 'Горлинка'. Проведен учет изменчивости таких признаков, как продолжительность вегетационного периода, продуктивность, крупнозерность, высота растения, за период с 2001 по 2019 г. Изучение образца проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР. Статистическую обработку выполняли с использованием Microsoft Excel.

Результаты и заключение. Изменение климата в южной части Восточно-Европейской равнины (Тамбовская обл.) с 2001 по 2019 г. в сторону потепления в июне на фоне достаточного увлажнения (ГТК = 1,26) не оказало достоверного влияния на продолжительность периода вегетации и продуктивность зерна районированного сорта проса 'Горлинка'.

Ключевые слова: просо, погода, урожайность, крупнозерность, скороспелость, корреляция, изменение климата, регрессия

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Кулемина Т.В. Динамика изменчивости хозяйственных признаков проса сорта 'Горлинка' в климатических условиях южной части Восточно-Европейской равнины. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(4):31-44. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-31-44

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-31-44

Dynamics of variability in agronomic characters of millet cv. 'Gorlinka' under the climate conditions of the southern part of the East European Plain

Tatyana V. Kulemina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Tatyana V. Kulemina, kkku@ya.ru

Background. The change of temperature conditions is cyclic by nature. Since the 1970s this process has been intensifying several times faster towards global climate warming. The effect of high temperature and drought is expected to lead to undesirable consequences for the economy, a decrease in yields, and a threat to food security. This aspect requires an assessment of the ongoing climate changes and identification of the causes that induce the response of plants to them.

Materials and methods. The zoned millet cultivar 'Gorlinka' served as the material for this study. Variability was assessed from 2001 through 2019 for such characters as the duration of the growing season, grain yield, grain size, and plant height. The cultivar was tested according to VIR's guidelines. Statistical data processing was performed using Microsoft Excel.

Results and conclusion. The climate change in the southern part of the East European Plain (Tambov Province) from 2001 to 2019 towards warming in June under sufficient moisture (HTC = 1.26) did not significantly affect the duration of the growing season or grain yield of cv. 'Gorlinka'.

Keywords: millet, weather, yield, grain size, earliness, correlation, climate change, regression

Acknowledgements: the research was performed within the framework of the state task according to the theme plan of VIR, Project No. FGEM-2022-0009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Kulemina T.V. Dynamics of variability in agronomic characters of millet cv. 'Gorlinka' under the climate conditions of the southern part of the East European Plain. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(4):31-44. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-31-44

Введение

Зерновые культуры играют важную продовольственную и экономическую роль в жизни человека. В настоящее время для посевных площадей сельскохозяйственных культур (пахотные земли и земли под постоянными культурами) используется более 1,5 млрд га земной поверхности (12% мировых площадей), из них под зерновыми культурами – 334,41 млн га (в России – 4,20 млн га, где просо обыкновенное занимает посевную площадь 0,6%, находящуюся в основном в Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Приволжском и Сибирском федеральных округах) (Sidorenko et al., 2012; World Food and Agriculture..., 2018; Russian Statistical Yearbook..., 2022; World Agricultural Production..., 2023). Производство сельскохозяйственной продукции базируется на биопродукционном потенциале природной среды, где важнейшим фактором, его определяющим, является климат, который, вместе с почвенным плодородием, влияет на все объекты и процессы сельскохозяйственного производства.

Специалистам сельского хозяйства необходимо уметь эффективно использовать ресурсы климата для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства и бороться с неблагоприятными метеорологическими явлениями. Всемирный экономический форум опубликовал списки глобальных рисков, где первую позицию в пятерке главных рисков заняли экстремальные погодные явления (The Global Risks..., 2017). До недавнего времени процесс определения актуального состояния сельского хозяйства, а также будущие оценки его состояния основывались на постоянстве климата. Вследствие достаточно быстрого изменения мирового климата, под воздействием природного, антропогенного и техногенного влияния, гипотеза о его неизменности лишилась практических оснований. Она уже не может служить фундаментом для решения вопроса о дальнейшем процессе развития аграрного сектора экономики России на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Данные наблюдений и модельных расчетов показывают, что климат России более чувствителен к глобальному потеплению, чем климат многих других регионов земного шара. За последние сорок лет скорость роста глобальной температуры составила 0,17°C каждые 10 лет, но температура на территории России растет значительно быстрее – 0,45°C за 10 лет (A report on climate features..., 2017; A report on climate risks..., 2017), потепление в целом по России составило 1,29°C (A report on climate features..., 2020). При этом сделан вывод, что урожайность сельскохозяйственных культур может увеличиться на 10–15% в средних и высоких широтах с повышением глобальной температуры на 1–2°C (Easterling et al., 2007).

Текущее изменение климата России в перспективе может привести к уменьшению увлажнения, особенно в засушливых регионах юга Европейской части страны, которое приведет к увеличению повторяемости засух и развитию опустынивания (Risks and benefits..., 2014). Низкая урожайность, как правило, формируется в регионах с ограниченной водообеспеченностью, с тепловым стрессом и короткой продолжительностью периода созревания зерна. Реакция урожайности сельскохозяйственных растений на дальнейшее потепление будет зависеть от характера изменения увлажнения: при его уменьшении на Европейской части РФ урожайность зерновых и кормовых культур будет уменьшаться; при увеличении – расти.

В настоящее время наблюдаемое потепление климата пока оценивается как благоприятное для сельского хозяйства России. При дальнейшем потеплении возможны улучшение структуры и расширение зоны растениеводства (Government of the Russian Federation..., 2019), то есть увеличится общая площадь земледельческой зоны России, появятся возможности для расширения посевов теплолюбивых сельскохозяйственных культур. В зоне недостаточного увлажнения целесообразно внедрять адаптационные меры, направленные в том числе и на экономное расходование водных ресурсов, путем расширения посевов более засухоустойчивых культур – прежде всего кукурузы, подсолнечника, проса и др. (Ginsburg, Kokorin, 2008; Semenov, 2008).

Просо – теплолюбивое и засухоустойчивое растение. На территории России занимает восьмое место среди посевных площадей и производства важнейших зерновых культур (пшеница, ячмень, кукуруза на зерно, овес, рожь, гречиха, просо, рис, тритикале, сорго) и четвертое место среди производства круп (рис, гречневая крупа, манная крупа, пшено, перловая крупа, овсяная, кукурузная, ячневая крупа) (Industrial production in Russia..., 2021; Russian Statistical Yearbook..., 2022). Выращивают эту культуру в основном в зонах достаточно жаркого и сухого климата, в том числе в Тамбовской области, где средняя урожайность проса достигает 22,6 ц/га. Зерно начинает прорастать при температуре 8–12°C (Yakimenko, 1975; Tugusov et al., 2019), тогда как для ранних зерновых культур начальная температура может быть ниже и соответствовать 1–3°C. При температуре 10°C просо прорастает через 8–10 дней, при 15°C – через 4–5 дней, при 20–25°C – через 3 дня. По отношению к высокой температуре просо более устойчиво, чем многие зерновые культуры (пшеница, овес и др.). Даже при температуре воздуха 38–40°C просо способно сохранить в течение двух суток свою регулируемую функцию, особенно во второй половине вегетации – после цветения. При прорастании зерно проса поглощает 25% воды от своего веса, тогда как пшеница – 45%, ячмень – 48%, овес – 65%. Транспирационный коэффициент проса почти в два раза меньше по сравнению с пшеницей, рожью, ячменем и овсом. Размер устьиц проса, через которые испаряется влага, почти в два раза меньше, чем у пшеницы, овса. Поэтому при длительном завядании просо снижает урожай всего на 10%, тогда как овес – до 75% (Yakimenko, 1975).

Взаимодействие температурного режима в период устойчивого перехода температур через 10°C и количества выпавших осадков выражается через гидротермический коэффициент (ГТК).

Цель работы – исследование изменчивости некоторых хозяйственно ценных признаков проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) сорта 'Горлинка' в условиях изменяющегося климата южной части Восточно-Европейской равнины в многолетнем эксперименте (2001–2019 гг.)

Материал и методы исследования

Исследования были проведены в период 2001–2019 гг. на Екатеринбургской опытной станции – филиале ВИР (Екатерининская ОС ВИР) (Тамбовская обл., Россия). Объектом исследования служил среднеспелый сорт проса 'Горлинка', являющийся единственным стандартом для данного региона.

Екатерининская опытная станция располагается на севере Центральной Черноземной зоны России (в южной части Восточно-Европейской равнины), в пойме реки

Польной Воронеж, в зоне с умеренно континентальным климатом и недостаточным увлажнением, со средней величиной гидротермического коэффициента 0,95–1,10. Средняя температура в январе находится в пределах от –10,8 до –9°C, в июле – от +19 до +20°C. В среднем за год выпадает осадков от 450 до 550 мм. За вегетационный период сумма осадков составляет 50–60% от годовой. Продолжительность периода с температурами выше 10°C колеблется от 141 до 154 дней, сумма температур выше 10°C составляет 2300–2600°C. Почвы – типичные мощные, слабо выщелоченные черноземы, тяжелосуглинистые по механическому составу. Агротехника общепринятая для зоны.

Фенологические наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР (Agafonov, Kurtseva, 1988). Площадь делянки – 1 м², повторность 5-кратная. Норма высева семян – 500 шт. Посев выполняли, в зависимости от погодных условий года, от последней декады мая по первую декаду июня. Уборку проводили в фазу полной спелости зерна. Образец оценивали по вегетационному периоду, крупности и продуктивности зерна, высоте растения в соответствии с Международным классификатором СЭВ вида *Panicum miliaceum* L. (Agafonov et al., 1982) по среднему значению признака, полученному за годы изучения. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel. Погодные условия оценивали с мая по август, учитывали среднесуточные температуры (t°C), суммы активных температур ($\Sigma t > 10^\circ\text{C}$), суммы осадков (ΣP) и гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова. ГТК рассчитан по формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma_r}{\Sigma_t} 10,$$

где Σ_r – сумма осадков за период; Σ_t – сумма температур выше 10°C за тот же период.

Значение ГТК: избыточное увлажнение – $> 1,3$; обеспеченное увлажнение – 1,0–1,3; засушливая зона – 0,7–1,0; сухое земледелие – 0,5–0,7; ирригация – $< 0,5$ (Selyaninov, 1966).

Метеоданные за 2001–2019 гг. предоставлены метеорологическим пунктом Екатеринбургской ОС ВИР.

Результаты и обсуждения

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались разнообразием как по объему выпавших осадков и сумме температур, так и по характеру их распространения за весь вегетационный период (рис. 1).

Посев зерна проса производился в наиболее оптимальные для этого сроки. Температура в фазу прорастания была в пределах 13–22°C, кроме 2004 г., когда температура опустилась до 7,8°C.

В период кущения для проса требуется оптимальная температура 15–22°C (Promising resource-saving..., 2010; Turusov et al., 2019), в период выметывания – около 28°C (Turusov et al., 2019). При температуре ниже 18°C выметывание запаздывает на 5–10 дней, что, следовательно, может снижать урожай (Yakimenko, 1975). За все время наблюдения средняя температура выметывания (июнь) была 20°C, что на 2,2°C выше средней многолетней. Во время цветения и созревания благоприятна температура не менее 17–18°C (Turusov et al., 2019), наиболее оптимальна – на уровне 20–23°C (Yakimenko, 1975). В наших исследованиях средняя температура цветения (июль) была 22,6°C (выше средней многолетней на 2,6°C), созре-

вания (август) – 20,2°C (выше средней многолетней на 1,9°C) (см. рис. 1). Достоверное увеличение температуры за период 2001–2019 гг. наблюдалось только в июне (на 4,24°C, $p = 0,048$), в июле и августе достоверных изменений температуры не было ($p = 0,39$ и $p = 0,81$ соответственно). Продолжительность периода «выметывание – созревание» была достоверно связана с температурой мая и июня ($r = 0,68, t_{\text{факт}} 3,83 > t_{01} 2,90$ и $r = 0,66, t_{\text{факт}} 3,67 > t_{01} 2,90$ соответственно при 17-ти степенях свободы), у остальных периодов достоверная корреляция с температурой воздуха отсутствовала (табл. 1).

Самыми низкими значениями влагообеспеченности характеризовались 2002, 2010, 2019 г. – 80, 71, 95% соответственно от средней многолетней. В 2002 г. недостаточность влаги ощущалась в июле и августе, в 2010 – с июня по август, в 2019 – в июне и августе. Прочие годы по количеству осадков превышали среднее многолетнее на 8–87% (см. рис. 1, табл. 2). Достоверное изменение осадков в июне, июле и августе ($p = 0,26$, $p = 0,15$ и $p = 0,66$ соответственно), а также значимая корреляция выпавших осадков с периодами вегетации за все годы исследований не наблюдались (см. табл. 1).

Проведенный анализ гидротермического коэффициента в течение всего периода вегетации по месяцам за 2001–2019 гг. выявил колебание значения ГТК от сухого (ГТК = 0,61) до избыточного увлажнения (ГТК = 2,1), среднее значение составило 1,26, что соответствует обеспеченной увлажненности. В 2001–2010 гг. самым засушливым месяцем оказался август (ГТК = 0,9), самым увлажненным – июнь (ГТК = 1,8); май, июль находились в зоне обеспеченного увлажнения. В период 2011–2019 гг. май был самым засушливым (ГТК = 0,97), июнь – август находились в зоне обеспеченного увлажнения. Показатели ГТК по месяцам соответствовали многолетнему значению. Период вегетации был самым засушливым в 2010 г. (ГТК = 0,61), менее засушливым – в 2002 (ГТК = 0,75), 2008 (ГТК = 0,99), 2014 (ГТК = 0,89), 2018 (ГТК = 0,93) и 2019 г. (ГТК = 0,77) (см. рис. 1, табл. 3). Изменение гидротермического коэффициента в июне, июле и августе не было достоверным ($p = 0,16$, $p = 0,42$ и $p = 0,91$).

Просо относится к засухоустойчивым культурам, экономно расходуя воду на протяжении вегетационного периода, начиная с прорастания семян. Так, в засушливом 2010 г. (ГТК = 0,61), когда пострадали многие зерновые культуры на Екатеринбургской ОС ВИР, просо сорта 'Горлинка' сохранилось и дало урожай. Однако просо очень отзывчиво и на увлажнение. Существует мнение, что в критический период развития проса от выметывания до созревания, особенно в первые 20 дней, если выпадет менее 30 мм осадков, то урожай зерна получится ниже среднего (Yakimenko, 1975), что мы и наблюдали в 2010 г., когда в течение всего вегетационного периода, особенно в период созревания, количество осадков было ниже среднего многолетнего на 27%, что привело к снижению урожая (91 г/м²) по сравнению с другими исследуемыми годами. Например, в 2017 г. продуктивность зерна составила 647 г/м² (самый максимальный показатель многолетнего изучения), что оказалось в 7 раз больше, чем в 2010 г. при ГТК = 1,62 и количестве осадков 404 мм (на 58% выше многолетнего показателя). Корреляция между количеством осадков и продуктивностью зерна имела достоверную значимость в межфазный период «всходы – выметывание» ($r = 0,58, t_{\text{факт}} 2,93 > t_{01} 2,90$ при 17-ти степенях свободы), в остальные периоды данная связь была недостоверной (см. табл. 1).

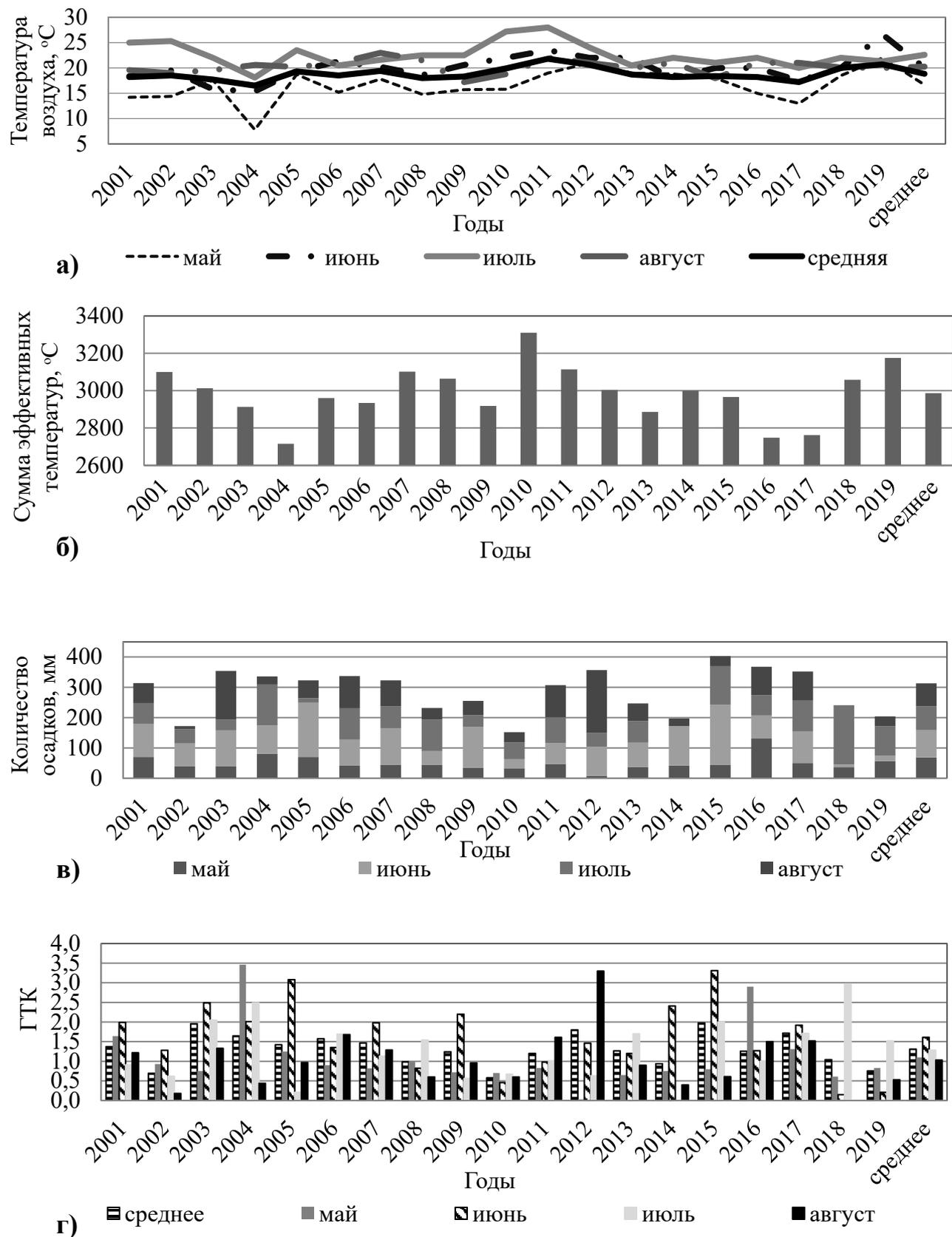


Рис. 1. Изменение режима погоды – температура воздуха (а), сумма эффективных температур (б), количество осадков (в), ГТК (г) – за период 2001–2019 гг. (Тамбовская обл., Россия)

Fig. 1. Changes of weather conditions – air temperature (a), sum of effective temperatures (б), precipitation (в), and hydrothermal coefficient (г) – during the period of 2001–2019 (Tambov Province, Russia)

Таблица 1. Анализ корреляций между хозяйственно ценными признаками проса сорта 'Горлинка' и климатическими условиями на Екатеринбургской опытной станции – филиале ВИР в 2001–2019 гг. (Тамбовская обл., Россия)

Table 1. Analyzed correlations between useful agronomic characters of millet cv. 'Gorlinka' and climate conditions at Yekaterinino Experiment Station of VIR in 2001–2019 (Tambov Province, Russia)

Параметры	Вегетационный период			Масса 1000 зерен	Продуктивность зерна	Высота растений
	Всходы – выметывание	Выметывание – созревание	Всходы – созревание			
Всходы – выметывание	–	-0,31 ± 0,23	0,67** ± 0,18	0,21 ± 0,24	0,34 ± 0,23	0,12 ± 0,24
Выметывание – созревание	-0,31 ± 0,23	–	0,34 ± 0,23	-0,53* ± 0,21	0,08 ± 0,24	-0,26 ± 0,24
Всходы – созревание	0,67** ± 0,18	0,34 ± 0,23	–	0,36 ± 0,23	0,20 ± 0,24	-0,27 ± 0,24
ГТК:						
май	0,13 ± 0,24	-0,35 ± 0,23	-0,23 ± 0,24	0,16 ± 0,24	-0,04 ± 0,24	0,24 ± 0,24
июнь	0,17 ± 0,24	-0,36 ± 0,23	-0,23 ± 0,24	0,58** ± 0,20	0,59** ± 0,20	0,46* ± 0,21
июль	0,08 ± 0,24	-0,16 ± 0,24	0,25 ± 0,24	-0,37 ± 0,23	-0,17 ± 0,24	0,05 ± 0,24
август	-0,02 ± 0,24	-0,01 ± 0,24	-0,13 ± 0,24	0,15 ± 0,24	-0,04 ± 0,24	0,20 ± 0,24
вегетационный период	0,19 ± 0,24	-0,48 ± 0,23	-0,19 ± 0,24	0,30 ± 0,23	0,21 ± 0,24	0,50* ± 0,21
Осадки:						
май	0,14 ± 0,24	-0,01 ± 0,24	-0,02 ± 0,24	-0,10 ± 0,24	0,03 ± 0,24	0,06 ± 0,24
июнь	0,10 ± 0,24	-0,29 ± 0,23	-0,27 ± 0,24	0,44 ± 0,22	0,58** ± 0,20	0,44 ± 0,22
июль	0,06 ± 0,24	-0,07 ± 0,24	0,22 ± 0,24	-0,38 ± 0,22	-0,21 ± 0,24	0,03 ± 0,24
август	0,04 ± 0,24	-0,04 ± 0,24	-0,01 ± 0,24	0,31 ± 0,23	-0,12 ± 0,24	0,12 ± 0,24
вегетационный период	-0,06 ± 0,24	-0,15 ± 0,24	-0,16 ± 0,24	0,28 ± 0,24	0,35 ± 0,23	0,31 ± 0,23
Температура:						
май	-0,28 ± 0,23	0,68** ± 0,17	-0,28 ± 0,23	-0,37 ± 0,23	-0,14 ± 0,24	-0,29 ± 0,23
июнь	-0,44 ± 0,22	0,66** ± 0,18	-0,01 ± 0,24	-0,47* ± 0,21	-0,3 ± 0,24	-0,33 ± 0,23
июль	-0,05 ± 0,24	0,13 ± 0,24	-0,01 ± 0,24	0,19 ± 0,24	-0,07 ± 0,24	-0,34 ± 0,23
август	-0,07 ± 0,24	0,23 ± 0,24	0,05 ± 0,24	0,05 ± 0,24	0,07 ± 0,24	-0,05 ± 0,24
среднее	-0,34 ± 0,23	0,53* ± 0,21	0,12 ± 0,24	-0,22 ± 0,24	-0,29 ± 0,24	-0,43 ± 0,22
Масса 1000 зерен	0,21 ± 0,24	-0,53* ± 0,21	-0,36 ± 0,23	–	0,39 ± 0,23	0,20 ± 0,24
Продуктивность зерна	0,34 ± 0,23	0,08 ± 0,24	0,20 ± 0,24	0,39 ± 0,23	–	0,37 ± 0,23
Высота растений	0,12 ± 0,24	-0,26 ± 0,24	-0,27 ± 0,24	0,20 ± 0,24	0,37 ± 0,23	–

Примечание: * – значимо на 5-процентном уровне; ** – значимо на 1-процентном уровне; число наблюдений – 17

Note: * – statistically significant at the 5% level; ** – statistically significant at the 1% level; number of observations: 17

Таблица 2. Метеорологический обзор периода вегетации проса (2001–2019 гг., Тамбовская обл., Россия)
Table 2. Meteorological overview of the millet growing season (2001–2019, Tambov Province, Russia)

Месяцы	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Многолетнее
Среднесуточная температура воздуха, °С																				
Май	14,2 (102)	14,4 (104)	17,6 (127)	7,8 (56)	18,7 (135)	15,2 (109)	17,8 (128)	14,8 (107)	15,7 (113)	15,8 (114)	19 (137)	21 (151)	19 (137)	18,8 (135)	18 (130)	15 (108)	13 (94)	18,5 (133)	22 (158)	13,9
Июнь	18,4 (103)	19,5 (110)	15,8 (89)	15,4 (87)	19,4 (109)	21,3 (120)	20,2 (114)	18,6 (105)	20,6 (116)	22 (124)	23,5 (132)	22 (124)	22 (124)	18 (101)	20 (112)	20 (112)	17,5 (98)	20 (112)	26,6 (149)	17,8
Июль	25 (125)	25,3 (127)	22 (110)	18,1 (91)	23,5 (118)	20,5 (103)	21,6 (108)	22,5 (113)	22,5 (113)	27,2 (138)	28 (140)	24 (120)	20,5 (103)	22 (110)	21 (105)	22 (110)	20 (0)	22 (110)	21,3 (107)	20
Август	19,6 (107)	19 (104)	19,6 (107)	20,6 (113)	20,2 (110)	21 (115)	23 (126)	21,5 (118)	17,2 (94)	18,8 (103)	22 (120)	21 (115)	20 (109)	21 (115)	18 (98)	21 (115)	21 (115)	20,1 (110)	20 (109)	18,3
Среднее	19,3 (109)	19,6 (111)	18,8 (108)	15,5 (87)	20,5 (118)	19,5 (112)	20,7 (119)	19,4 (111)	19,0 (120)	21,0 (120)	23,1 (132)	22,0 (128)	20,4 (118)	20,0 (115)	19,3 (111)	19,5 (111)	17,9 (77)	20,2 (116)	22,5 (131)	19,9
Сумма	77,2 (109)	78,2 (111)	75 (108)	61,9 (87)	81,8 (118)	78 (112)	82,6 (119)	77,4 (111)	76 (120)	83,8 (120)	92,5 (132)	88 (282)	81,5 (118)	79,8 (115)	77 (111)	78 (111)	71,5 (77)	80,6 (116)	89,9 (131)	79,5
Сумма осадков за месяц, мм																				
Май	70 (163)	40 (93)	40 (93)	81 (188)	70 (163)	41 (95)	44 (102)	44 (102)	34 (79)	33 (77)	47 (109)	8 (19)	37 (86)	42 (98)	44 (102)	131 (305)	50 (116)	36 (84)	56 (130)	43
Июнь	110 (193)	75 (132)	118 (207)	93 (163)	179 (314)	86 (151)	120 (211)	46 (80)	136 (239)	30 (53)	69 (121)	96 (168)	80 (140)	130 (228)	199 (349)	76 (133)	104 (183)	9 (16)	18 (32)	57
Июль	68 (108)	47 (75)	36 (57)	135 (214)	15 (24)	104 (165)	73 (116)	104 (75)	38 (60)	55 (87)	85 (135)	45 (71)	72 (114)	0 (0)	127 (202)	67 (106)	102 (162)	196 (311)	98 (156)	63
Август	66 (127)	10 (19)	160 (308)	27 (52)	59 (114)	106 (204)	86 (165)	38 (73)	47 (90)	34 (65)	106 (204)	208 (400)	58 (112)	25 (48)	33 (64)	94 (181)	96 (185)	0 (0)	32 (62)	52
Сумма	314 (146)	172 (80)	354 (164)	336 (156)	323 (150)	337 (157)	323 (150)	232 (108)	255 (119)	152 (71)	307 (143)	357 (166)	247 (115)	368 (171)	401 (187)	368 (171)	352 (164)	241 (112)	204 (95)	215

Таблица 2. Окончание
Table 2. The end

Месяцы	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Многолетнее
	Гидрогермический коэффициент																			
Май	1,64 (151)	0,93 (85)	0,76 (70)	3,46 (317)	1,25 (115)	0,9 (83)	0,82 (75)	0,99 (91)	0,72 (66)	0,7 (64)	0,83 (76)	0,03 (3)	0,65 (60)	0,75 (71)	0,8 (73)	2,9 (266)	1,31 (120)	0,61 (56)	0,83 (76)	1,09
Июнь	1,99 (128)	1,28 (83)	2,49 (161)	2,01 (130)	3,08 (199)	1,35 (87)	1,98 (128)	0,82 (53)	2,2 (142)	0,46 (30)	0,98 (63)	1,46 (94)	1,21 (78)	2,41 (156)	3,31 (214)	1,27 (82)	1,92 (124)	0,15 (10)	0,21 (14)	1,55
Июль	0,91 (72)	0,62 (49)	2,05 (163)	2,49 (198)	0,21 (17)	1,69 (134)	1,13 (90)	1,54 (122)	0,56 (44)	0,67 (53)	1,01 (80)	0,63 (50)	1,71 (136)	0 (0)	2,0 (159)	1,0 (79)	1,71 (136)	2,97 (236)	1,52 (121)	1,26
Август	1,22 (104)	0,18 (15)	1,33 (114)	0,44 (38)	0,97 (83)	1,68 (144)	1,29 (110)	0,6 (55)	0,91 (78)	0,6 (51)	1,61 (138)	3,3 (282)	0,97 (83)	0,4 (34)	0,61 (52)	1,5 (128)	1,52 (130)	0 (0)	0,53 (45)	1,17
Среднее	1,44 (114)	0,75 (60)	1,66 (132)	2,1 (167)	1,38 (110)	1,4 (111)	1,3 (103)	0,99 (79)	1,1 (87)	0,61 (48)	1,1 (87)	1,36 (108)	1,13 (90)	0,89 (71)	1,68 (133)	1,67 (133)	1,62 (129)	0,93 (74)	0,77 (61)	1,26

Примечание: в скобках – процент к стандарту
Note: parenthesized are the percentages relative to the reference

Таблица 3. Данные многолетнего (2001–2019 гг.) изучения проса сорга 'Горлинка' (Тамбовская обл., Россия)
 Table 3. Data of the long-term (2001–2019) study on millet cv. 'Gorlinka' (Tambov Province, Russia)

Месяцы	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Среднее
Всходы – выметывание, дни	45	40	49	43	52	45	34	56	47	42	42	42	33	43	43	45	54	47	40	44,3
Выметывание – созревание», дни	30	31	29	21	30	31	32	28	28	29	38	30	36	38	30	34	34	33	45	32,0
Всходы – созревание», дни	73	72	87	63	80	76	65	84	75	70	80	72	69	81	73	79	88	95	84	77,2
Продуктивность, г/м ²	380	450	410	250	440	320	450	480	500	91	538	202	261	524	601	332	647	209	250	386
Высота растений, см	98	95	95	125	95	80	100	111	100	100	93	122	108	108	140	108	138	77	90	104
Масса 1000 зерен, г	8	9	8,6	9	9,5	8	8	8	8	8	9	8	7	8	8	7	8	6	6	8,0
Σt > 10°C	3100	3013	2913	2715	2960	2934	3102	3064	2918	3310	3114	3003	2886	3000	2966	2748	2762	3058	3175	2986
Σ осадков, мм	314	172	354	336	323	337	323	232	255	152	307	357	247	368	401	368	352	241	204	215
ГТК	1,44	0,75	1,66	2,1	1,38	1,4	1,3	0,99	1,1	0,61	1,1	1,36	1,13	0,89	1,68	1,67	1,62	0,93	0,77	1,26

В течение последних двадцати лет в России наблюдается тенденция увеличения суммы активных (свыше 10°C) температур, необходимых прору для развития. Сумма активных температур, требуемая для формирования урожая зерна, у среднеспелых сортов проса составляет свыше 1800°C, у позднеспелых – свыше 2000°C (Promising resource-saving..., 2010; Antimonova, Syrkina, 2020). В 2001–2019 гг. сумма температур, фактически накапливаемых сортом 'Горлинка', составила в среднем 2971°C (на 281°C больше средней многолетней): в самый холодный год (2016) – 2748°C, в самый жаркий (2010) – 3310°C, что выше суммы эффективных температур, необходимой для роста и развития растений, на 948° и 1510° соответственно (см. рис. 1).

В среднем продолжительность вегетационного периода сорта 'Горлинка' за 19 лет исследования составляла 77,2 дня при среднем ГТК = 1,26. Наименьшая продолжительность периода (63 дня) наблюдалась в 2004 г., при сумме активных температур 2715 (ГТК = 2,1), максимальная – в 2017 г. (88 дней) (ГТК = 1,62) и 2018 г. (95 дней) (ГТК = 0,93), при сумме активных температур 2762 и 058°C соответственно. Среднесуточная температура вегетационного периода в 2017 г. равнялась 17,9°C (ГТК = 1,62), в 2007 – 20,7°C (ГТК = 1,3), в 2018 – 20,2°C (ГТК = 1,03). В 2001–2019 гг. продолжительность вегетационного периода в среднем увеличилась на 12,1 дней ($p = 0,062$) (рис. 2), при этом ГТК уменьшился на 0,15 ($p = 0,561$). Продолжительность периода «выметывание – созревание» достоверно ($p = 0,004$) увеличилась на 6,8 дней, изменение периода «всходы – выметывание» незначимо ($p = 0,9$). Связь между продолжительностью периодов «всходы – созревание» и «всходы – выметывание» была наибольшей ($r = 0,67 \pm 0,18$, $t_{\text{факт.}} 3,75 > t_{01} 2,9$ при 17-ти степенях свободы). Достоверное влияние ГТК на продолжительность фаз периода вегетации не наблюдалось (см. табл. 1). По данным регрессионного анализа, коэффициент регрессии ($b = -4,0467$) имеет незначимую ($p = 0,43$) отрицательную связь продолжительности вегетационного периода с гидротермическим коэффициентом этого периода. Имеется тенденция, что при увеличении ГТК (май – август) на одну единицу продолжительность вегетационного периода уменьшится на 4,1 дня ($R^2 = 0,0364$) (рис. 3).

Высота растения за 2001–2019 гг. изучения в среднем составляла 104 см при минимальном значении 77 см в 2018 г., когда влажный теплый июль ($t = 22^\circ\text{C}$, 196 мм осадков, ГТК = 2,97) сменился сухим августом (20,1°C, осадков не было, ГТК = 0), и максимальным значением 140 см в 2015 г., когда теплый влажный июнь и июль (20°C, 199 мм, ГТК = 3,31 и 21°C, 127 мм, ГТК = 2,0 соответственно) сменились более прохладным сухим августом ($t = 18^\circ\text{C}$, осадки = 33 мм, ГТК = 0,61). Высота растений за весь период наблюдений недостоверно ($p = 0,39$) увеличилась на 11,97 см (см. рис. 2). Влияние ГТК июня на высоту растения было достоверно положительным – $r = 0,46 \pm 0,21$, $t_{\text{факт.}} 2,19 > t_{05} 2,11$ при 17-ти степенях свободы (см. табл. 1). Коэффициент регрессии ($b = 22,137$) показал значимую ($p = 0,03$) положительную связь высоты растения с ГТК вегетационного периода. Наблюдается тенденция, что увеличение ГТК всего периода вегетации на одну единицу в среднем приведет к увеличению высоты растения на 22,1 см ($R^2 = 0,25$) (см. рис. 3).

Продуктивность зерна за 19 лет изучения в среднем составила 393,6 г/м². Минимальное значение (91 г/м²) отмечалось в 2010 г., когда наблюдалась значительная засуха (ГТК = 0,61), максимальная (647 г/м²) – в 2017 г.,

в котором зафиксировано вполне достаточное увлажнение (ГТК = 1,62) (см. табл. 2, 3). Период 2011–2019 гг. в среднем оказался на 19 г/м² более продуктивным (396 г/м²), чем 2001–2010 гг. (377,1 г/м²). В 2001–2019 гг. продуктивность зерна, по данным линии тренда, недостоверно ($p = 0,91$) уменьшилась на 13,7 г (см. рис. 2).

Наибольшее воздействие на урожайность проса оказывают гидротермические условия июня (Chekmaev, Zeleneva, 2016). В нашем исследовании на продуктивность сорта достоверно сильное влияние оказали июньские осадки и ГТК июня (период «всходы – выметывание») – $r = 0,58 \pm 0,21$ и $0,59 \pm 0,20$, $t_{\text{факт.}} 2,93 > t_{01} 2,90$ и $t_{\text{факт.}} 3,01 > t_{01} 2,90$ соответственно при 17-ти степенях свободы (см. табл. 1). Продуктивность имела слабую зависимость от продолжительности фаз вегетационного периода (см. табл. 1 и рис. 3). Регрессионный анализ показал незначимую ($p = 0,39$) зависимость продуктивности зерна от ГТК (май – август), где коэффициент регрессии ($b = 80,618$) имеет положительную связь. Наблюдается тенденция, что увеличение ГТК всего периода вегетации на одну единицу приведет к увеличению продуктивности зерна в среднем на 81 г/м² ($R^2 = 0,04$) (см. рис. 3).

За 19 лет изучения среднее значение массы 1000 зерен составило 7,9 г. Минимальное значение (6 г) отмечалось в 2018 и 2019 г., когда в августе 2018 г. наблюдалось полное отсутствие осадков, а в 2019 г. осадки были скудными (32 мм, ГТК = 0,53). Максимальная масса (9 г) проявилась в 2002–2005 и 2011 г. Погодные условия в августе были разнообразными – от сильной засухи до избыточного увлажнения, за всю вегетацию – от умеренной засухи до вполне достаточного увлажнения (см. рис. 1). ГТК оказал достоверно большее влияние на крупность зерна в июне (период «всходы – выметывание») – $r = 0,58 \pm 0,20$ ($t_{\text{факт.}} 2,93 > t_{01} 2,90$ при 17-ти степенях свободы). Количество выпавших осадков достоверное влияние на массу 1000 зерен не оказало. Температура достоверно отрицательно ($r = -0,47$, $t_{\text{факт.}} 2,2 > t_{05} 2,11$ при 17-ти степенях свободы) влияла на крупность зерна в июне (см. табл. 1). Период «всходы – созревание» и крупность зерна имели достоверную сильную отрицательную связь ($r = -0,53 \pm 0,21$, $t_{\text{факт.}} 2,58 > t_{05} 2,11$ при 17-ти степенях свободы). За весь период наблюдений масса 1000 зерен достоверно ($p = 0,0005$) снизилась на 2,2 г (см. рис. 2). Коэффициент регрессии ($b = 0,7144$) показал незначимую ($p = 0,21$) прямую связь крупности зерна от ГТК всего периода вегетации. Наблюдается тенденция, что при росте гидротермического коэффициента на единицу увеличивается крупность зерна на 0,7 г ($R^2 = 0,089$) (см. рис. 3).

Заключение

Изучение проса сорта 'Горлинка' с 2001 по 2019 г. в условиях Тамбовской области показало, что при росте температур июня (период выметывания) на 4,24°C при $p = 0,048$ достоверно увеличивалась продолжительность межфазного периода «выметывание – созревание» на 6,8 дней при $p = 0,004$ и наблюдалась тенденция увеличения продолжительности всего периода вегетации на 12,1 дней при $p = 0,062$, а также достоверное уменьшение крупности зерна на 2,2 г при $p = 0,001$. Прослеживалось недостоверное сокращение продолжительности межфазного периода «всходы – выметывание», уменьшение продуктивности зерна и увеличение высоты растения ($p = 0,912$, $p = 0,394$ и $p = 0,832$ соответственно).

Рассмотрение двух режимов, водного и температурного, выраженных через ГТК, показало, что 2001–2019 гг.

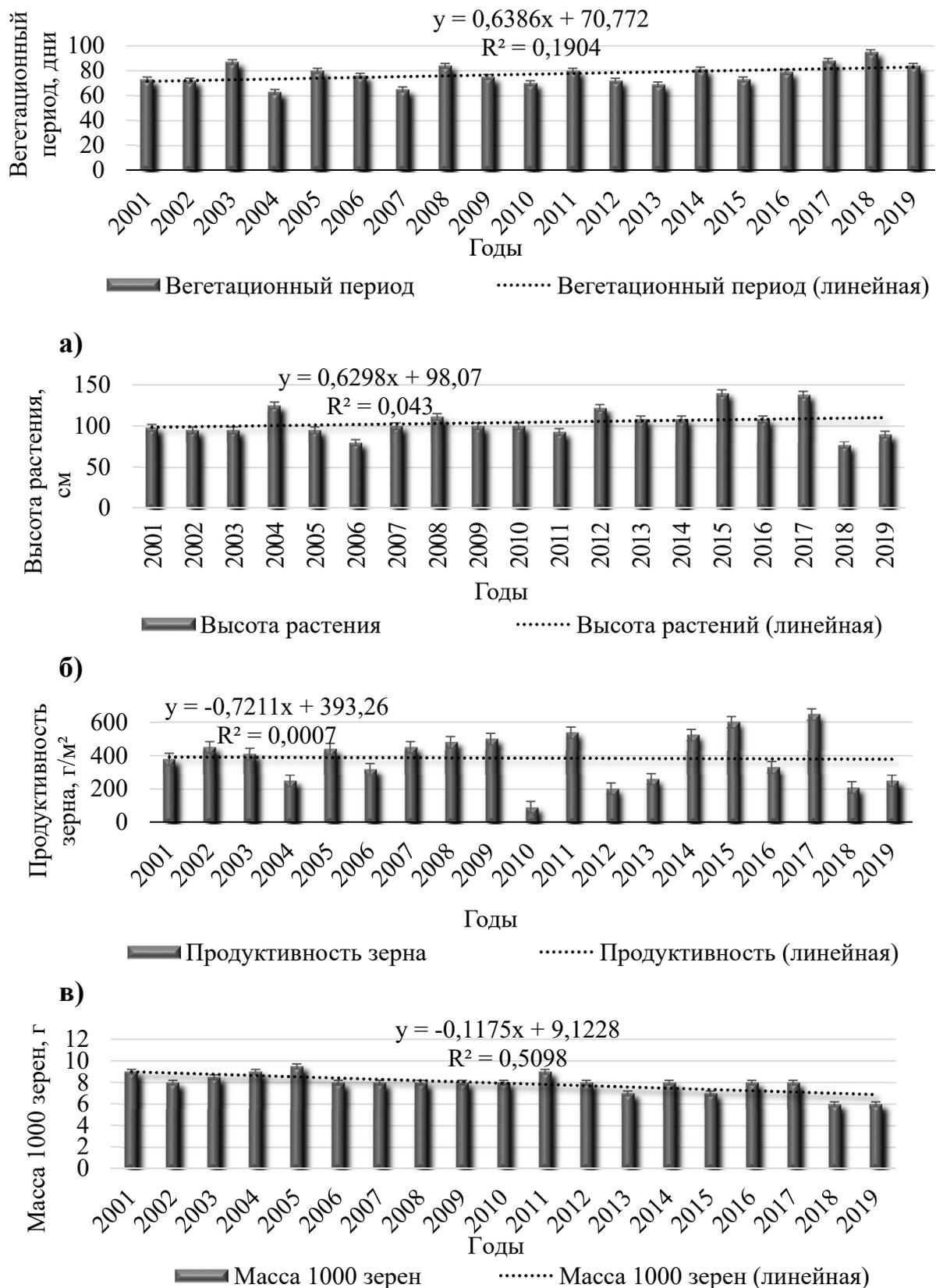


Рис. 2. Динамика продолжительности периода вегетации (а) и значений хозяйственно ценных признаков проса сорта 'Горlinkка': высота растений (б), продуктивность (в), масса 1000 зерен (г) (2001–2019 гг., Тамбовская обл., Россия)

Fig. 2. Dynamics of the growing season duration (а), and the values of useful agronomic characters – plant height (б), grain yield (в), and 1000 grain weight (г) – of millet cv. 'Gorlinka' (2001–2019, Tambov Province, Russia)

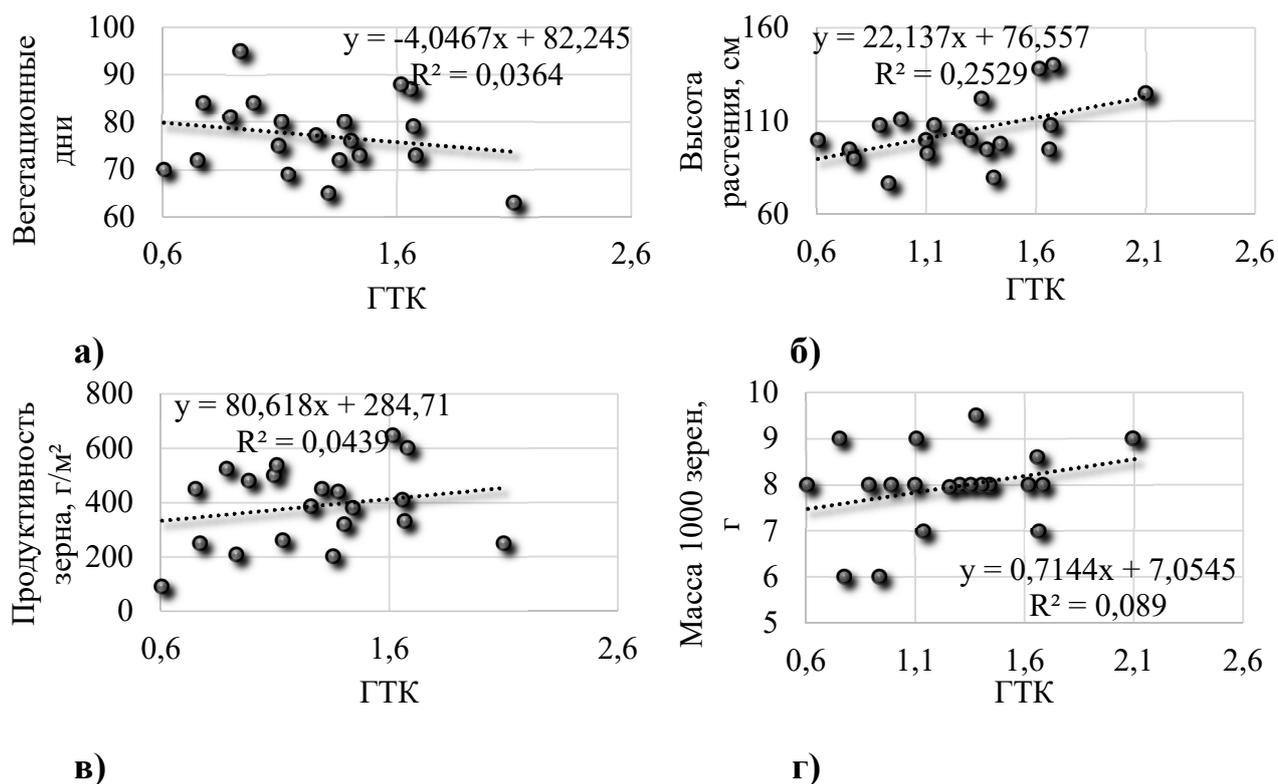


Рис. 3. Зависимость вегетационного периода (а), высоты растения (б), продуктивности зерна (в) и массы 1000 зерен (г) проса сорта 'Горlinkка' от ГТК (май – август) (2001–2019 гг., Тамбовская обл., Россия)

Fig. 3. Dependence of the growing season (а), plant height (б), grain yield (в), and 1000 grain weight (г) of millet cv. 'Gorlinka' on the hydrothermal coefficient (May – August) (2001–2019, Tambov Province, Russia)

характеризовались средним значением коэффициента – 1,26 (обеспеченное увлажнение). Достоверная зависимость прослеживалась между ГТК июня и продуктивностью зерна ($r = 0,58$ при $p = 0,01$), массой 1000 зерен ($r = 0,58$ при $p = 0,01$), высотой растения ($r = 0,46$ при $p = 0,05$).

Изменение климата в южной части Восточно-Европейской равнины (Тамбовская обл.) с 2001 по 2019 г. в сторону потепления в июне на фоне достаточного увлажнения (ГТК = 1,26) не оказало достоверного влияния на продолжительность периода вегетации и продуктивность зерна районированного сорта проса 'Горlinkка'.

References / Литература

- A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2016. Moscow: Roshydromet; 2017. [in Russian] (Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. Москва: Росгидромет; 2017). URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/Доклад2016.pdf [дата обращения: 12.07.2022].
- A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2019 Moscow: Roshydromet; 2020. [in Russian] (Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Москва: Росгидромет; 2020). URL: <https://meteoinfo.ru/images/news/2020/03/12/o-klimat-e-rf-2019.pdf> [дата обращения: 06.07.2022].
- A report on climate risks on the territory of the Russian Federation (Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiyskoy Federatsii). St. Petersburg: Roshydromet; 2017.

[in Russian] (Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург: Росгидромет; 2017). URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf> [дата обращения: 12.07.2022].

- Agafonov N.P., Kurtseva A.F. The study of the global millet collection (guidelines) (Izucheniye mirovoy kollektzii prosa [metodicheskiye ukazaniya]). Leningrad: VIR; 1988. [in Russian] (Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Изучение мировой коллекции проса: (методические указания). Ленинград: ВИР; 1988).
- Agafonov N.P., Kurtseva A.F., Korneichuk V.A., Banyai L. Broad unified COMECON list of descriptors and international COMECON list of descriptors for sp. *Panicum miliaceum* L. (Shirokiy unifikirovanny klassifikator SEV i mezhdunarodny klassifikator SEV vida *Panicum miliaceum* L.). Leningrad: VIR; 1982. [in Russian] (Агафонов Н.П., Курцева А.Ф., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ вида *Panicum miliaceum* L. Ленинград: ВИР; 1982).
- Antimonova O.N., Syrkin L.F. The formation of crop yield of millet varieties depending on hydrothermal conditions. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020;(10):74-82. [in Russian] (Антимонова О.Н., Сыркина Л.Ф. Формирование урожайности сортов проса посевного в зависимости от гидротермических условий. *Вестник КрасГАУ*. 2020;(10):74-82). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-74-82
- Chekmarev V.V., Zeleneva Y.V. The dependence of the yield of millet on the weather factors in the conditions of the Tambov Province. *Tambov University Reports. Series: Natural*

- and Technical Sciences SU. 2016;21(2):603-605. [in Russian] (Чекмарев В.В., Зеленева Ю.В. Зависимость урожайности проса от факторов погоды в условиях Тамбовской области. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2016;21(2):603-605). DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-2-603-605
- Easterling W.E., Aggarwal P.K., Batima P., Brander K.M., Erda L., Howden S.M. et al. Food, fibre and forest products. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007. p.273–313.
- Ginsburg A.S., Kokorin A.O. Causes and forecasts of climate change (Prichiny i prognozy izmeneniya klimata). In: I.E. Chestin, N. Colloff (eds). *Russia and Neighboring Countries: Environmental, Economic and Social Consequences of Climate Change (Rossiya i sopredelnye strany: prirodokhrannye, ekonomicheskiye i sotsialnye posledstviya izmeneniya klimata)*. Moscow: WWF of Russia; Oxfam; 2008. p.5-12. [in Russian] (Гинзбург А.С., Кокорин А.О. Причины и прогнозы изменения климата. В кн.: *Россия и сопредельные страны: природоохранные, экономические и социальные последствия изменения климата* / под ред. И.Е. Честина, Н. Коллоффа. Москва: WWF России; Oxfam; 2008. С.5-12). URL: https://wwf.ru/upload/iblock/702/oxfam_rus_end_2.pdf [дата обращения: 06.07.2022].
- Government of the Russian Federation. Directive of December 25, 2019, No. 3183-р (Pravitelstvo Rossiyskoy Federatsii. Rasporyazheniye ot 25 dekabrya 2019 g. N 3183-р). Moscow; 2019. [in Russian] (Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 25 декабря 2019 г. № 3183-р. Москва; 2019). URL: <http://static.government.ru/media/files/OTrFMr1Z1sORh5NIx4gLUsdgGHyWIAqy.pdf> [дата обращения: 30.06.2022].
- Industrial production in Russia. 2021: Statistical handbook (Promyshlennoye proizvodstvo v Rossii. 2021: Statisticheskii sbornik). Moscow: Rosstat; 2021. [in Russian] (Промышленное производство в России. 2021: Статистический сборник. Москва: Росстат; 2021). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo_2021.pdf [дата обращения: 05.07.2022].
- Promising resource-saving technology of millet production. Guidelines (Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva prosa. Metodicheskiye rekomendatsii). Moscow: Rosinformagrotech; 2010. [in Russian] (Перспективная ресурсосберегающая технология производства проса. Методические рекомендации. Москва: Росинформагротех; 2010). URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/itpk/zernovye-kultury-i-kukuruza/send/17-zernovye-kultury-i-kukuruza/460-perspektivnaya-resursosberegayushchaya-tekhnologiya-proizvodstva-prosa> [дата обращения: 05.07.2022].
- Risks and benefits for the Russian Federation from global climate change (Riski i vygody dlya Rossiyskoy Federatsii ot globalnogo izmeneniya klimata). Moscow: Roshydromet; 2014. [in Russian] (Риски и выгоды для Российской Федерации от глобального изменения климата. Москва: Росгидромет; 2014). URL: <https://meteo-info.ru/novosti/10150-24112014-> [дата обращения: 06.07.2022].
- Russian Statistical Yearbook 2022: Statistical handbook. Moscow: Rosstat; 2022. [in Russian] (Российский статистический ежегодник. 2022: Статистический сборник. Москва: Росстат; 2022). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2022.pdf [дата обращения: 06.07.2022].
- Selyaninov G.T. Agro-climatic map of the world (Agroklimaticheskaya karta mira). Leningrad: Gidrometeoizdat; 1966. [in Russian] (Селянинов Г.Т. Агроклиматическая карта мира. Ленинград: Гидрометеоиздат; 1966).
- Semenov S.M. (ed.). Assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Vol. II. Consequences of climate change (Otsenochny doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii. T. II. Posledstviya izmeneniya klimata). Moscow: Roshydromet; 2008. [in Russian] (Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменения климата / под ред. С.М. Семенова. Москва: Росгидромет; 2008). URL: <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/2.htm> [дата обращения: 05.07.2022].
- Sidorenko V.S., Bobkov S.V., Kotlyar A.I., Gurinovich S.O., Starikova Z.V. Millet area in Russia. *Zemledelie = Crop Farming*. 2012;(5):9-12. [in Russian] (Сидоренко В.С., Бобков С.В., Котляр А.И., Гуринович С.О., Старикова Ж.В. Ареал проса посевного в России. *Земледелие*. 2012;(5):9-12).
- The Global Risks Report 2017. 12th ed. Geneva: World Economic Forum; 2017. Available from: https://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf [accessed July 05, 2022].
- Turusov V.I., Novichikhin A.M., Surkov A.Yu., Surkova I.V. Technology of millet cultivation in Voronezh Province (Tekhnologiya vozdeluyvaniya prosa v Voronezhskoy oblasti). Kamennaya Step; 2019. [in Russian] (Турусов В.И., Новичихин А.М., Сурков А.Ю., Суркова И.В. Технология возделывания проса в Воронежской области. Каменная Степь; 2019). URL: <https://niidokuchaeva.ru/wp-content/uploads/2019/01/Технология-возделывания-проса-2018.pdf> [дата обращения: 06.07.2022].
- World Agricultural Production. Global Market Analysis. Washington DC: USDA Foreign Agricultural Service; 2023. Available from: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> [accessed July 06, 2022].
- World Food and Agriculture. Statistical Pocketbook 2018. Rome: FAO of the United Nations; 2018. Available from: <https://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf> [accessed July 05, 2022].
- Yakimenko A.F. Millet (Proso). Moscow: Rosselkhozizdat; 1975. [in Russian] (Якименко А.Ф. Просо. Москва: Россельхозиздат; 1975).

Информация об авторе

Татьяна Владимировна Кулемина, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, kkku@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5069-7390>

Information about the author

Tatiana V. Kulemina, Associate Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, kkku@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5069-7390>

Статья поступила в редакцию 16.09.2022; одобрена после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 05.12.2023.
The article was submitted on 16.09.2022; approved after reviewing on 12.10.2023; accepted for publication on 05.12.2023.