УДК 631.53.04:633.174

ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОНТОГЕНЕЗ СОРГО ЗЕРНОВОГО В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

А. А. МИЛЕЙКО[1)], ***Г. В. СЕДУКОВА***[1)]

[1)]*Институт радиобиологии, Национальная академия наук Беларуси, ул. Федюнинского, 4, 246007, г. Гомель, Беларусь*

В исследовании отмечены изменения агроклиматических условий в период вегетации за 2016–2025 гг. в юго-восточной части Республики Беларуси. Представлены результаты изучения влияния температуры воздуха и количества выпавших осадков на скорость развития культуры сорго зернового при возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Установлено, что фенологическое развитие культуры и ее продуктивность находится в прямой линейной зависимости от температуры воздуха и количества осадков в период вегетации растений. В фазах всходы, кущение и трубкование растения сорго в большей степени реагируют на повышение температуры и количества осадков. Отмечено, что урожайность зеленой массы, убранной как в фазу начала выметывания метелки, так и в период молочно-восковой спелости зерна существенно выше при более высокой сумме активных температур. Продолжительность вегетационного периода сорго зернового составляет 141–150 суток при раннем сроке посева, 136–145 суток при посеве в начале второй декады мая, 119–131 суток при высеве культуры в третьей декаде мая и 105–124 суток при позднем сроке посева. Агроклиматические условия юго-восточной части Беларуси позволяют получать высокие урожаи зеленой массы сорго зернового, которое может возделываться в качестве страховой культуры для обеспечения кормами в засушливых условиях.

Ключевые слова: сорго зерновое; вегетационный период; онтогенез; урожайность; изменение климата; сумма активных температур; количество осадков.

Благодарность. Выражаем искреннюю признательность сотрудникам лаборатории агроэкологии и массовых анализов Института радиобиологии НАН Беларуси за помощь в выполнении исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках гранта для молодых ученых «Мой первый грант-2025» на тему «Установить количественные изменения в структуре урожая и параметрах накопления радионуклидов в органах растений при разных сроках сева сорго», гранта для выполнения НИР среди докторантов, аспирантов и соискателей НАН Беларуси на тему «Оценка количественных параметров поступления радионуклидов в организм животных при использовании сорго в качестве зеленого корма в летне-пастбищный период», мероприятия «Изучить влияние агрохимических показателей почвы на продуктивность, параметры перехода радионуклидов и качество продукции сорговых культур с целью совершенствования системы кормопроизводства на территории радиоактивного загрязнения» в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

Образец цитирования:
Милейко АА, Седукова ГВ. Влияние агроклиматических факторов на онтогенез сорго зернового в условиях юго-восточной части Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2026;3:47–54.
https://doi.org/10.46646/2521-683X/2026-3-47-54

For citation:
Mileiko AA, Sedukova GV. Influence of agroclimatic factors on the ontogenesis of sorghum bicolor in the conditions of the south-eastern part of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2026;3:47–54. Russian.
https://doi.org/10.46646/2521-683X/2026-3-47-54

Авторы:
Анастасия Андреевна Милейко – аспирант; младший научный сотрудник лаборатории агроэкологии и массовых анализов.
Галина Валерьевна Седукова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; заведующий лаборатории агроэкологии и массовых анализов.

Authors:
Anastasia A. Mileiko, graduate student; junior researcher at the laboratory of agroecology and mass analysis.
mileyko98@mail.ru
Galina V. Sedukova, PhD (agriculture), docent; head of the laboratory of agroecology and mass analysis.
g.sedukova@gmail.com

Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2026;3:47–54
Journal of the Belarusian State University. Ecology. 2026;3:47–54

INFLUENCE OF AGROCLIMATIC FACTORS ON THE ONTOGENESIS OF SORGHUM BICOLOR IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EASTERN PART OF BELARUS

A. A. MILEIKO[a], ***G. V. SEDUKOVA***[a]

[a]*Institute of Radiobiology, National Academy of Sciences of Belarus,*
4 Fiadyuninskaga Street, Gomel 246007, Belarus
Corresponding author: A. A. Mileiko (mileyko98@mail.ru)

This article examines changes in agroclimatic conditions during the 2016–2025 growing season in the southeastern Republic of Belarus. It presents the results of a study examining the influence of air temperature and precipitation on the rate of grain sorghum development on sod-podzolic sandy loam soils. It has been established that the phenological development of grain sorghum and its productivity are in direct linear dependence on air temperature and the amount of precipitation during the growing season of plants. During the germination, tillering, and booting stages, sorghum plants are most responsive to increased temperature and precipitation. It was noted that the yield of green mass harvested both at the initial panicle emergence stage and at the milky-wax stage of grain ripeness is significantly higher with a higher sum of active temperatures. The growing season of grain sorghum lasts 141–150 days when sown early, 136–145 days when sown in the early second ten-day period of May, 119–131 days when sown in the third ten-day period of May, and 105–124 days when sown late. The agroclimatic conditions of southeastern Belarus allow for high yields of green mass from grain sorghum, which can be grown as an insurance crop to provide forage in arid conditions.

Keywords: sorghum bicolor; growing season; ontogenesis; yield; climate change; sum of active temperatures; precipitation

Acknowledgements. We express our sincere gratitude to the staff of the Laboratory of Agroecology and Mass Analysis of the Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus for their assistance in conducting this study. This work was supported by the Belarusian Republican Foundation for Basic Research through the «My First Grant-2025» grant for young scientists on the topic of «Establishing quantitative changes in the yield structure and parameters of radionuclide accumulation in plant organs at different sorghum sowing times», a grant for research among doctoral students, postgraduate students, and applicants of the National Academy of Sciences of Belarus on the topic of «Evaluating quantitative parameters of radionuclide intake by animals using sorghum as green fodder during the summer-grazing period», and the event «Study the influence of soil agrochemical parameters on the productivity, parameters of radionuclide transfer, and product quality of sorghum crops in order to improve the forage production system in the radioactively contaminated area» as part of the State Program to Overcome the Consequences of the Chernobyl Nuclear Power Plant Disaster for 2021–2025.

Введение

Глобальное потепление, фиксируемое со второй половины XIX в., оказывает существенное влияние на все аспекты жизни человека во многих странах мира[1]. Потепление климата на территории Республики Беларусь отмечено с конца XX в. За этот период (1989–2015 гг.) средняя годовая температура воздуха превысила климатическую норму в среднем на 1,3 °С, что явилось одним из показателей самого продолжительного потепления за весь период метеорологических наблюдений в стране и предпосылкой к формированию новых границ агроклиматических зон (областей)[2].

При изменении климатических условий наиболее уязвимой оказывается такая отрасль экономики, как сельское хозяйство [1]. При ведении сельского хозяйства решаются вопросы адаптации технологий, разработки стратегий уже возделываемых культур с учетом изменяющихся параметров температуры воздуха и уровня осадков по месяцам, а также проводятся работы по поиску и внедрению новых культур для сохранения и/или увеличения сырьевой базы для обеспечения продовольственной безопасности.

Среди перспективных, высокопродуктивных и жароустойчивых культур, адаптированных к засушливым условиям, выделяют сорго [2; 3], которое можно успешно возделывать на территории Республики Беларусь на фоне существующих изменений климата. Одним из элементов технологии возделывания культур является срок посева в конкретном регионе с учетом региональных особенностей. Нарушение сроков посева, в свою очередь, может привести к значительным изменениям продолжительности вегетационного периода, качества и количества получаемого сырья. Стоит отметить, что в литературных источниках часто встречаются разногласия по поводу оптимальных условий выращивания сорго [4–6], что объясняется

[1]Изменение климата [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20210621024441/https://www.un.org/ru/sections/issues-depth/climate-change/index.html (дата обращения: 18.12.2025).
[2]Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата [Электронный ресурс]. URL: http://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus (дата обращения: 18.12.2025).

особенностями локальных почвенно-климатических характеристик территорий. По этой причине при территориальном переносе технологий получения высоких урожаев из одного региона в другой без учета экологических и почвенных разностей вероятен риск получения менее эффективных результатов или их отсутствие. Поэтому важно всестороннее изучение аспектов возделывания культуры при влиянии различных факторов среды и сбор полученных данных, сконцентрированных воедино.

Цель настоящего исследования – изучение изменений длительности фаз онтогенеза сорго при разных агроклиматических условиях возделывания.

Методика и методы исследования

Исследования проводили путем постановки полевого опыта [7] в 2024–2025 гг. Объект исследования – сорго зерновое (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, сорт Криничное), выращиваемое в Брагинском р-не Гомельской обл. на дерново-подзолистой супесчаной почве в 3-кратной повторности с площадью делянки 10 м^2. Способ посева – широкорядный, ширина междурядья – 45 см. Посев сорго осуществляли в четыре срока: первый (ранний) – конец III декады апреля, второй – в начале II декады мая, третий – в III декаде мая, четвертый (поздний) – начало I декады июня. Фенологические наблюдения проводили путем фиксации следующих фаз роста и развития растений сорго: всходы (ВСХ), третий лист (ТРЛ), кущение (КЩН), трубкование (ТРБ), начало выметывания метелки (НВМ), цветение (ЦВТ), молочная спелость зерна (МС), молочно-восковая спелость зерна (МВС). Агроклиматические данные в годы проведения полевых экспериментальных исследований предоставлены метеорологической станцией Брагин (Индекс ВМО: 33124), входящей в состав филиала «Гомельский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Для анализа динамики изменения среднесуточной температуры воздуха и количества осадков за период 2016–2025 гг. использованы данные архива[3].

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам анализа климатических данных, за последние десять лет в юго-восточном регионе страны наблюдаются изменения температуры воздуха и количества выпавших осадков за период вегетации растений. Так, сравнительный анализ отклонений свидетельствует о том, что в среднем за анализируемый период отмечается превышение фактических значений среднесуточной температуры воздуха от среднемноголетнего значения от 1,0 °С во второй декаде мая до 4,6 °С во второй декаде сентября (табл. 1). Превышение климатической нормы свыше 4,0 °С зафиксировано во 2-й и 3-й декадах июня, 3-й декаде августа и 2-й декаде сентября.

Отмечено, что за десятилетний период, начиная с июля месяца, зафиксировано несколько отклонений среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы. Данное обстоятельство обусловливает установление устойчивых летних засух, особенно со второй половины лета.

В анализируемый период зафиксировано 25,6 % значений, когда количество фактически выпавших осадков превысило среднее многолетнее значение (рис. 1). При этом превышение в большинстве случаев произошло за счет ливневых дождей. Рассматривая средние значения по месяцам за 10 лет, количество осадков было ниже на 6,5–79,0 % от климатической нормы.

Высокие температуры воздуха и недостаток влаги в почве являются губительными факторами для большинства сельскохозяйственных культур, что проявляется в угнетении онтогенеза и снижении продуктивности растений в целом.

В отличие от традиционных для Республики Беларусь культур, растения сорго в засушливых условиях способны нормально развиваться и формировать высокие урожаи зеленой массы и зерна.

В годы проведения исследований (2024–2025) вегетационные периоды сорго имели значительные различия. В 2024 г. превышение средних многолетних значений среднесуточной температуры воздуха фиксировалось в 3-й декаде апреля, 1-й и 3-й декадах мая и, начиная с июня, до конца вегетации.

Среднесуточная температура воздуха составила 18 °С. В 2025 г. она была ниже нормативных значений в 1-й и 2-й декадах мая, 2 и 3 декадах июня, весь август месяц. Превышение средних многолетних значений было не более 3,3 °С. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период в 2025 г. находилась на уровне 15 °С. В среднем за анализируемые годы температура воздуха превышала многолетние значения на 1,0–3,5 °С.

[3]Архив погоды в Брагине (Гомельская область, Беларусь) [Электронный ресурс]. URL: https://www.pogodaiklimat.by/weather/33124 (дата обращения: 18.12.2025).

Таблица 1

Отклонение среднесуточных температур воздуха от климатической нормы за период 2016–2025 гг. в юго-восточной части Беларуси

Table 1

Deviation of average daily air temperatures from the climate norm for the period 2016–2025 in southeastern Belarus

Год	Месяц															
	апрель	май			июнь			июль			август			сентябрь		
	декада															
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2016	2,0	5,6	0,6	5,1	2,5	5,0	8,9	4,0	6,2	6,0	5,7	1,7	7,6	6,8	4,4	2,1
2017	2,6	1,9	1,6	5,0	2,9	4,4	5,2	1,0	2,2	4,0	6,4	9,4	0,8	3,4	6,4	3,6
2018	6,4	10,7	4,5	6,0	5,0	7,3	2,7	1,6	4,4	5,0	6,1	6,3	5,5	7,9	8,1	2,5
2019	6,9	1,1	6,2	6,5	9,3	11,4	6,9	2,0	0,5	3,8	0,6	3,8	7,0	7,5	3,5	1,1
2020	3,9	2,5	−0,3	−1,7	5,1	9,3	7,2	5,4	3,5	3,3	5,7	4,8	5,3	6,8	5,2	7,1
2021	−2,3	−0,8	0,7	0,0	0,8	4,0	7,0	5,0	6,5	3,2	2,4	2,4	0,5	1,3	3,1	−0,9
2022	−0,7	−0,6	−1,1	−1,7	2,8	2,1	3,6	2,5	−2,7	−0,3	1,0	4,2	4,5	−4,3	−1,0	0,1
2023	0,0	−3,1	2,2	1,4	−0,1	1,6	1,6	1,9	0,4	−1,0	2,0	3,5	5,1	1,2	3,9	5,8
2024	2,6	0,6	−1,1	4,2	2,9	2,3	4,1	3,8	6,9	0,5	−0,3	1,8	5,2	5,1	6,2	5,4
2025	2,0	−2,7	−3,6	2,4	2,9	−1,3	−1,4	3,2	0,8	1,0	0,0	−0,9	−0,2	3,3	2,7	0,5
В среднем	2,3	1,5	1,0	2,7	3,4	4,6	4,6	3,0	2,9	2,6	3,0	3,7	4,1	3,9	4,2	2,7

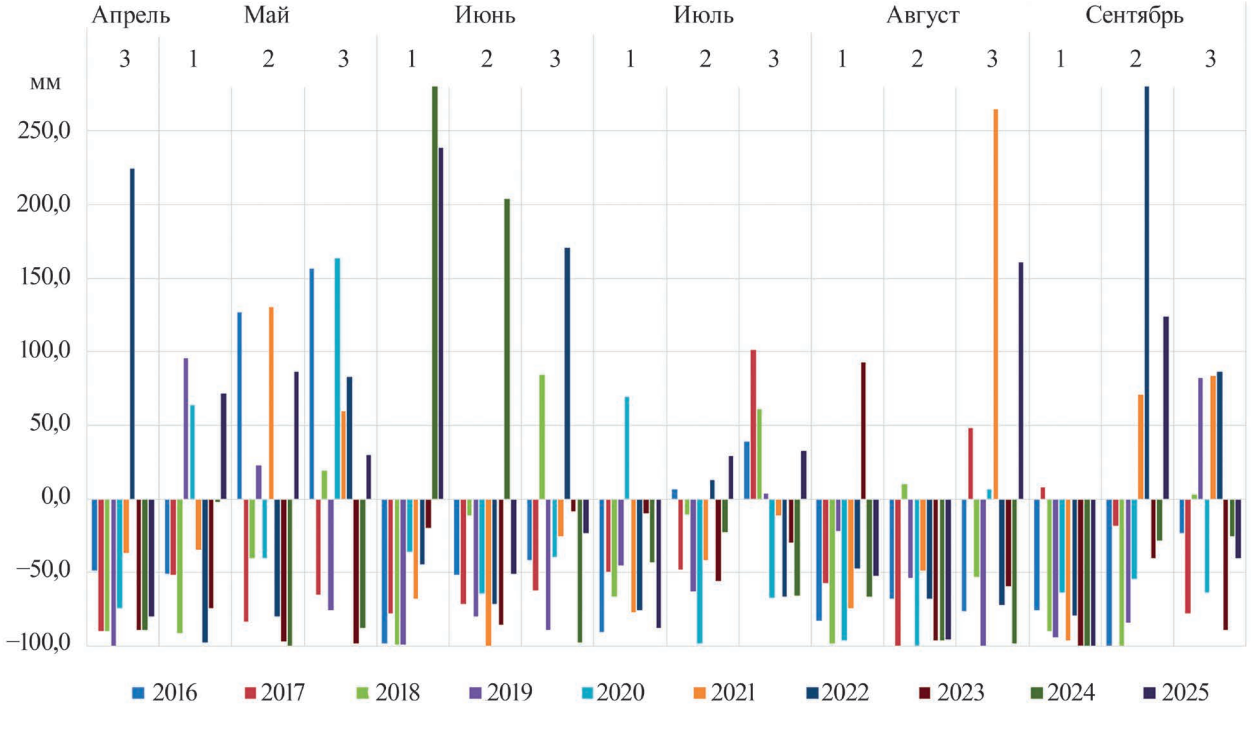


Рис. 1. Отклонение количества осадков от климатической нормы за период 2016–2025 гг. в юго-восточной части Беларуси

Fig. 1. Deviation of precipitation from the climate norm for the period 2016–2025 in the southeastern part of Belarus

Сумма осадков в 2024 г. составила 16,4 % от нормы, в 2025 г. была на 13,4 % выше нормы. В среднем за два года отмечен недостаток осадков (2 %).

Рост и развитие растений сорго в годы проведения исследований происходило по-разному (рис. 2).

Период вегетации сорго 2025 г. был больше, чем в 2024 г. на 6 % при первом сроке сева, на 7 % при втором сроке сева, на 10 и 18 % при третьем и четвертом сроках сева соответственно.

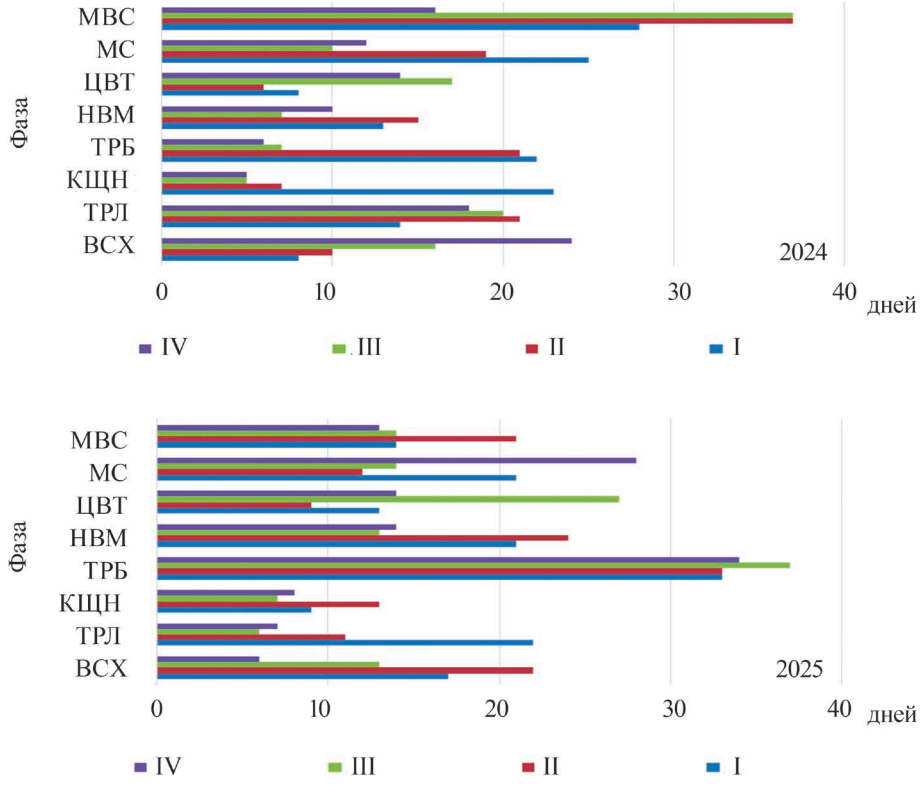


Рис. 2. Продолжительность фаз онтогенеза сорго зернового в разные годы исследований

Fig. 2. Duration of the ontogenesis phases of grain sorghum in different years of research

Независимо от срока сева прослеживается связь между продолжительностью фазы онтогенеза с суммой активных температур. На основании корреляционного анализа установлена сильная (по Чеддоку) связь между данными показателями во все фазы онтогенеза, за исключением фазы третьего листа, где она оценивается как заметная (табл. 2).

Таблица 2

Показатели, характеризующие связь между продолжительностью фаз онтогенеза сорго зернового и суммой активных температур

Table 2

Indicators characterizing the relationship between the duration of the ontogenesis phases of grain sorghum and the sum of active temperatures

Фаза онтогенеза	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии
ВСХ	0,93	$y = 0{,}0360x + 5{,}1766$
ТРЛ	0,51	$y = 0{,}0272x + 10{,}01$
КЩН	0,98	$y = 0{,}1104x - 6{,}2069$
ТРБ	0,99	$y = 0{,}0524x - 0{,}1877$
НВМ	1,00	$y = 0{,}0514x - 0{,}0054$
ЦВТ	0,96	$y = 0{,}0482x + 0{,}5116$
МС	0,93	$y = 0{,}0400x + 3{,}3617$
МВС	1,00	$y = 0{,}0436x + 4{,}3424$

Установлены тренды изменения длительности вегетационного периода сорго по фазам вегетации при различной сумме температур (рис. 3) и уравнения регрессии (табл. 2), позволяющие прогнозировать развитие культуры в разных условиях выращивания.

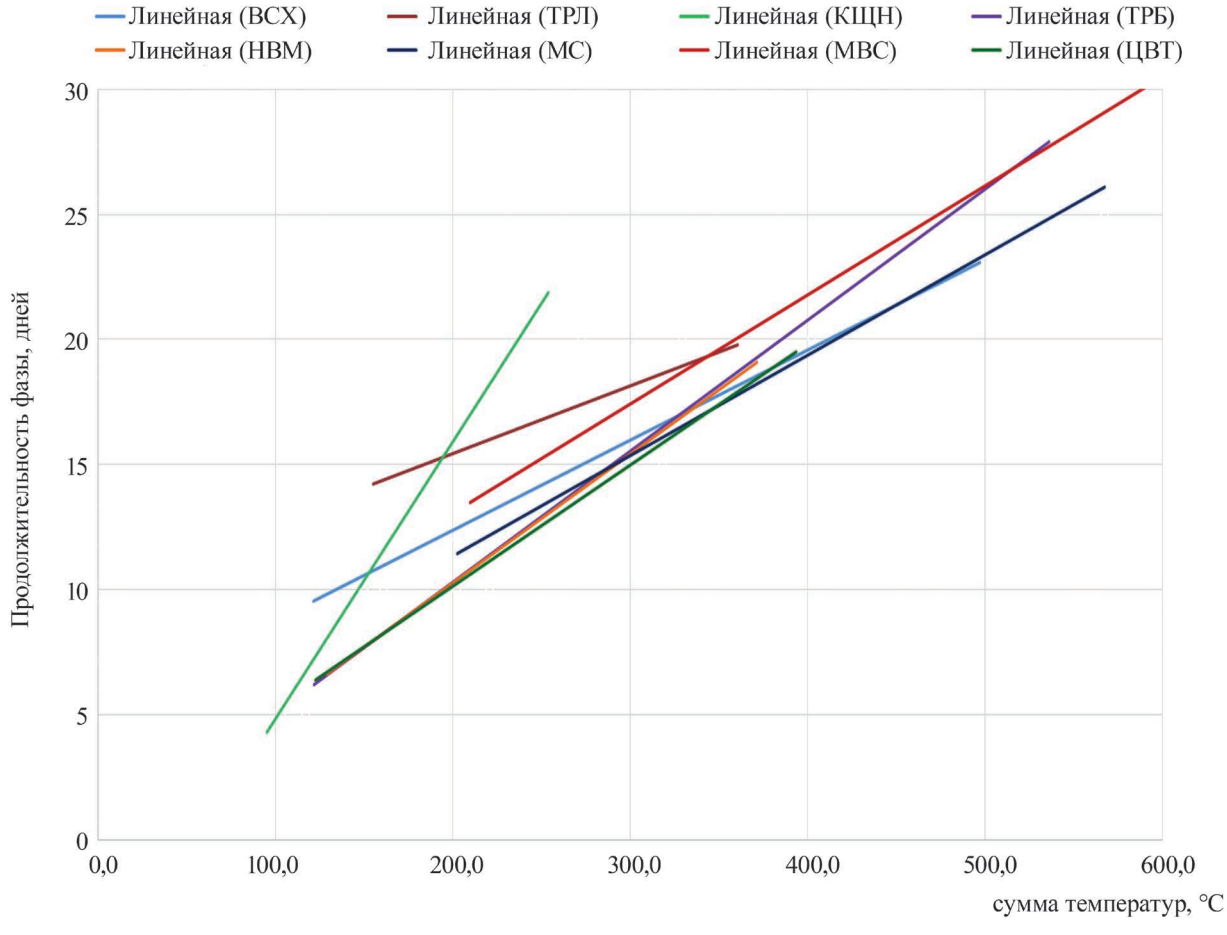


Рис. 3. Тренды изменения продолжительности фаз онтогенеза сорго зернового при разной сумме температур

Fig. 3. Trends in the change in the duration of the ontogenesis phases of grain sorghum at different temperature sums

Определено, что особую важность имеет температура на стадии прорастания семян. В оптимуме она должна быть на уровне +12 °С и выше [4; 8], не допуская резких перепадов. Пониженные температуры приводят к удлинению периода прорастания семян и снижению количества нормально развитых всходов. При этой же температуре воздуха происходит нормальное формирование вегетативных органов. На стадии формирования генеративных органов оптимальная температура находится на уровне +15 °С и выше [3; 9].

Продолжительность вегетационного периода сорго зернового в период проведения полевых исследований составляла 141–150 суток при раннем сроке посева, 136–145 суток при посеве в начале второй декады мая, 119–131 – при высеве культуры в третьей декаде мая и 105–124 суток при позднем сроке посева.

Анализируя влияние увлажнения вегетационного периода на продолжительность фаз онтогенеза, установлено, что наибольшую чувствительность к влаге демонстрируют растения в фазах всходы, кущение и трубкование (r – более 0,80), третьего листа (r = 0,64). В фазах цветения и молочной спелости зерна прослеживается умеренная связь (r = 0,40 и r = 0,30 соответственно).

На рис. 4 показаны тренды изменения длительности вегетационного периода сорго по фазам вегетации при различной сумме осадков.

Кроме этого, отмечается, что урожайность зеленой массы, убранной как в фазу НВМ, так и в фазу МВС существенно выше при более высокой сумме активных температур. Так, при посеве сорго зернового в третьей декаде мая, урожайность зеленой массы в фазу НВМ составила 369 ц/га при сумме температур 1498 °С и 214 ц/га при сумме температур 1410 °С, в фазу МВС – 897 ц/га при сумме температур 2569 °С и всего 340 ц/га при сумме температур 1947 °С.

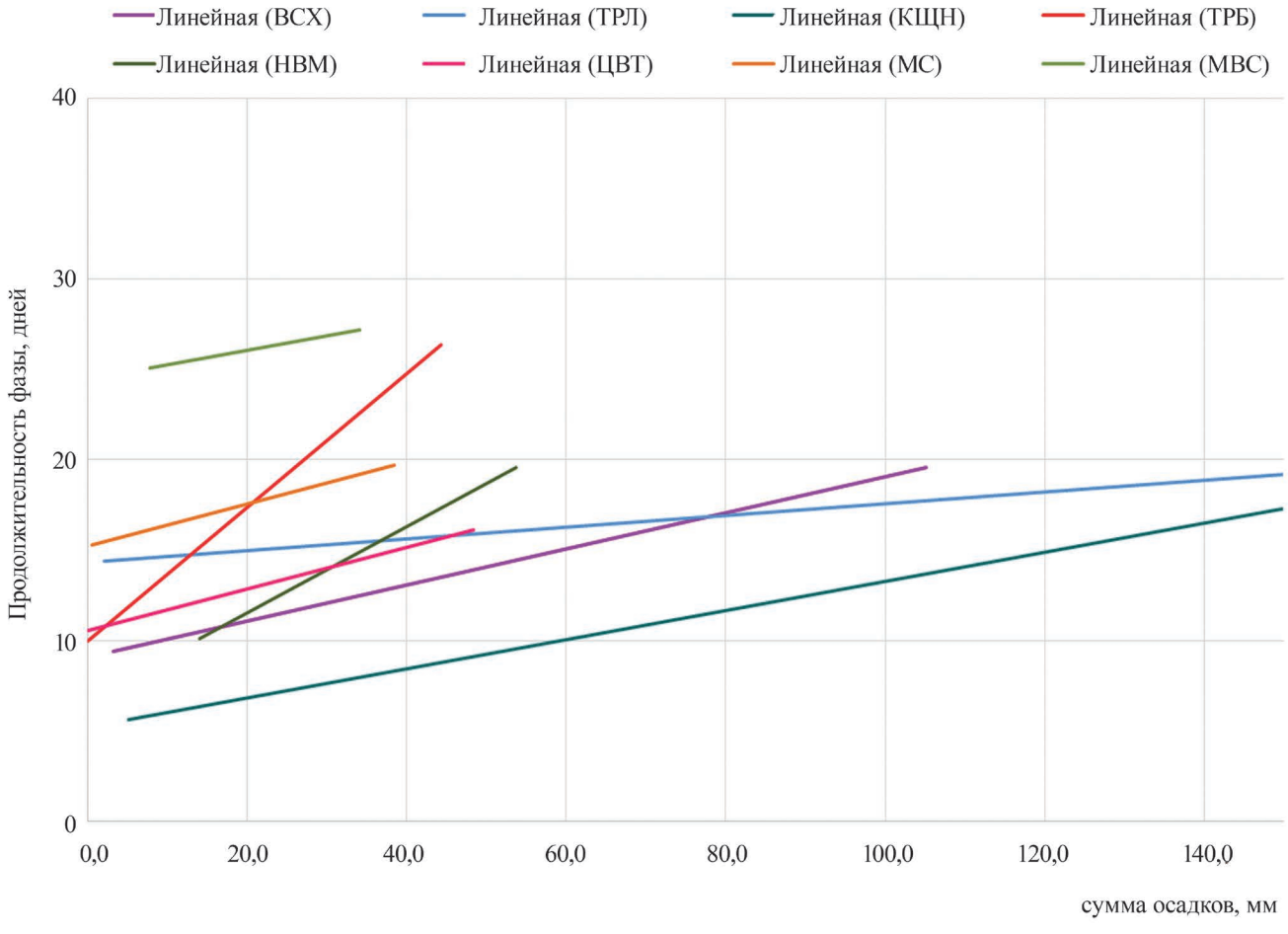


Рис. 4. Тренды изменения продолжительности фаз онтогенеза сорго зернового при разной сумме осадков

Fig. 4. Trends in the change in the duration of the ontogenesis phases of grain sorghum with different amounts of precipitation

Заключение

Фенологическое развитие сорго зернового и его продуктивность находится в прямой линейной зависимости от температуры воздуха и количества осадков в период вегетации растений. В фазах всходы, кущение и трубкование растения сорго в большей степени реагируют на повышение температуры и количества осадков. В фазах цветения и молочной спелости зерна растения чувствительны к режиму увлажнения. Установленные уравнения регрессии позволяют выполнить прогноз изменения продолжительности фаз онтогенеза и периода вегетации в целом при различных агроклиматических условиях выращивания сорго зернового.

Агроклиматические условия юго-восточной части Беларуси позволяют получать высокие урожаи зеленой массы сорго зернового, которое может возделываться в качестве страховой культуры для обеспечения кормами в засушливых условиях.

Библиографические ссылки

1. Шкляров АП. Аграрное производство в условиях глобального изменения климата. *Аграрная экономика*. 2021;6:85–94.
2. Булекова АА. *Сорго перспективная культура в условиях сухостепной зоны Приуралья*. Уральск : ЗКАТУ им. Жангир хана; 2020. 161 с.
3. Зангиева ФТ. Фазы роста и развития зернового сорго при разных сроках посева в лесостепной зоне РСО-А. *Вестник Владикавказского Научного центра Российской академии наук*. 2016;3:52–55.
4. Шестак НМ. Сроки сева сорго сахарного в южной зоне Республики Беларусь. В: *От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства*. Екатеринбург: ИздательствоУральского ГАУ; 2021. с. 172–173.
5. Лукашевич НП, Зенькова НН, Шлома ТМ. *Особенности возделывания многоукосных однолетних ценозов и сорговых культур*. Витебск: ВГАВМ; 2008. 44 с.

6. Персикова ТФ, Копылович ВЛ, Блохина ЕА. Влияние сроков посева гибридов сорго зернового и сахарного на продолжительность межфазных периодов в условиях северо-востока Беларуси. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015;2:104–109.

7. Доспехов БА. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат; 1985. 351 с.

8. Солонкин АВ, Сухарева ЕП, Беликина АВ. Сроки и нормы высева сорго зернового в Нижневолжском регионе. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024;16(6):247–262.

9. Федорова ВА. *Повышение продуктивности сорго в условиях северо-запада Прикаспия*. Москва: [б. и.]; 2004. 188 с.

References

1. Shklyarov AP. *Agrarnoe proizvodstvo v usloviyakh global'nogo izmeneniya klimata* [Agricultural production in the context of global climate change]. *Agrarian Economy*. 2021;6:85–94. Russian.

2. Bulekova AA. *Sorgo perspektivnaya kul'tura v usloviyakh sukhostepnoi zony Priural'ya* [Sorghum: a promising crop in the dry steppe zone of the Urals]. Uralsk: ZKATU im. Zhangir Khan; 2020. 161 p. Russian.

3. Zangieva FT. *Fazy rosta i razvitiya zernovogo sorgo pri raznykh srokakh poseva v lesostepnoi zone RSO-A* [Growth and development phases of grain sorghum at different sowing dates in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania]. *Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016;3:52–55. Russian.

4. Shestak NM. *Sroki seva sorgo sakharnogo v yuzhnoi zone Respubliki Belarus'. Ot importozameshcheniya k eksportnomu potentsialu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie proizvodstva i pererabotki produktsii rastenievodstva* [Sowing dates of sweet sorghum in the southern zone of the Republic of Belarus. In: From import substitution to export potential: scientific and innovative support for the production and processing of crop products]. Ekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo SAU; 2021. p. 172–173. Russian.

5. Lukashevich N. P., Zenkova N. N., Shloma T. M. *Osobennosti vozdelyvaniya mnogoukosnykh odnoletnikh tsenozov i sorgovykh kul'tur* [Features of cultivation of multi-cut annual cenoses and sorghum crops]. Vitebsk: VGAVM; 2008. 44 p. Russian.

6. Persikova TF, Kopylovich VL, Blokhina EA. *Vliyanie srokov poseva gibridov sorgo zernovogo i sakharnogo na prodolzhitel'nost' mezhfaznykh periodov v usloviyakh severo-vostoka Belarusi* [Effect of sowing timing of grain and sweet sorghum hybrids on the duration of interphase periods in northeastern Belarus]. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2015;2:104–109. Russian.

7. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. Russian.

8. Solonkin AV, Sukhareva EP, Belikina AV. *Sroki i normy vyseva sorgo zernovogo v Nizhnevolzhskom regione* [Timing and sowing rates of grain sorghum in the Lower Volga region]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024;16(6):247–262. Russian.

9. Fedorova VA. *Povyshenie produktivnosti sorgo v usloviyakh severo-zapada Prikaspiya* [Increasing sorghum productivity in the northwestern Caspian region]. Moscow: [publisher unknown]; 2004. 188 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 30.01.2026.
Received by editorial board 30.01.2026.