

УДК 633.28:574.24

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-85-90

О.В. Балун

Е.П. Шкодина ✉

Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Борки, Новгородская обл., Россия

✉ kriempereoal@mail.ru

Поступила в редакцию:
02.02.2024

Одобрена после рецензирования:
12.04.2024

Принята к публикации:
26.04.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-85-90

Olga V. Balun

Elena P. Shkodina ✉

Novgorod Research Institute of Agriculture — branch of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Borki, Novgorod Region, Russia

✉ kovalevteam@mail.ru

Received by the editorial office:
02.02.2024

Accepted in revised:
12.04.2024

Accepted for publication:
26.04.2024

Влияние агрометеорологических факторов на продолжительность вегетации и урожайность зеленой массы суданской травы линия Землячка

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современных реалиях нужны надежные источники дешевых и качественных кормов. Большое влияние на урожайность культур оказывают меняющиеся погодные условия. В работе проведен анализ влияния метеоусловий региона на интродуцент — суданскую траву линия Землячка.

Результаты. В результате проведенных исследований установлена средняя длительность межфазных периодов у суданской травы линия Землячка, найдены корреляционные связи продолжительности межфазных периодов от суммы активных температур, количества осадков и ГТК. Установлено, что на начальном этапе для развития Землячке жизненно необходимы высокие суммы активных температур, а наличие или отсутствие осадков в этот период на продолжительность фаз не оказывает существенного влияния. Низкие среднесуточные температуры приводят к увеличению длительности межфазных периодов, а также к увеличению суммы активных температур периодов. Увеличение количества осадков на среднем этапе онтогенеза приводит к его удлинению. Установлена тесная корреляционная зависимость урожайности зеленой массы от суммы активных температур в периоды «посев — всходы» ($r = 0,8$) и «всходы — выход в трубку» ($r = 0,77$), а также от длительности периода «всходы — выход в трубку» ($r = 0,93$). Средняя урожайность зеленой массы за годы исследований составила 46,2 т/га, суданская трава Землячка является хорошим источником кормов. Жизненный цикл в условиях региона у культуры остается, как правило, незавершенным, семена необходимо приобретать у производителей из южных регионов.

Ключевые слова: урожайность, зеленая масса, межфазные периоды, метеоусловия, теплообеспеченность, влагообеспеченность, гидротермический коэффициент

Для цитирования: Балун О.В., Шкодина Е.П. Влияние агрометеорологических факторов на продолжительность вегетации и урожайность зеленой массы суданской травы линия Землячка. *Аграрная наука*. 2024; 382(5): 85–90.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-85-90>

© Балун О.В., Шкодина Е.П.

The influence of agrometeorological factors on the duration of vegetation and the yield of the green mass of the Sudanese grass Zemlyachka line

ABSTRACT

Relevance. In modern realities, reliable sources of cheap and high-quality feed are needed. Changing weather conditions have a great impact on crop yields. The paper analyzes the influence of the weather conditions of the region on the introduced Sudanese grass of the Zemlyachka line.

Results. As a result of the studies, the average duration of interphase periods in the Sudanese grass Zemlyachka line was established, correlations of the duration of interphase periods on the sum of active temperatures, precipitation and hydrothermal coefficient are found. It has been established that at the initial stage, high amounts of active temperatures are vital for the development of the Sudanese grass of the Zemlyachka, and the presence or absence of precipitation during this period does not significantly affect the duration of the phases. Low average daily temperatures lead to an increase in the duration of interphase periods, as well as to an increase in the sum of the active temperatures of the periods. An increase in precipitation at the middle stage of ontogenesis leads to its elongation. A close correlation has been established between the yield of green mass and the sum of active temperatures during the periods “sowing — shoots” ($r = 0.8$) and “shoots — exit into the tube” ($r = 0.77$), as well as on the duration of the period “shoots — entry into the tube” ($r = 0.93$). The average yield of green mass over the years of research was 46.2 t/ha, the Sudanese grass Zemlyachka is a good source of feed. The life cycle of a culture in the conditions of the region remains, as a rule, unfinished, seeds must be purchased from producers from the southern regions.

Key words: productivity, green mass, interphase periods, meteorological conditions, provision of plants with heat, provision of plants with moisture, hydrothermal coefficient

For citation: Balun O.V., Shkodina E.P. The influence of agrometeorological factors on the duration of vegetation and the yield of the green mass of the Sudanese grass Zemlyachka line. *Agrarian science*. 2024; 382(5): 85–90 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-85-90>

© Balun O.V., Shkodina E.P.

Введение/Introduction

Новгородская область расположена на северо-западе Русской равнины. Область относится к зоне избыточного увлажнения с преобладанием летних осадков над зимними. Почвы новгородской почвы отличаются большим разнообразием, среди них преобладают дерновые, дерново-подзолистые и все стадии подзолистых почв.

Сельскохозяйственное производство находится в тесной взаимосвязи со многими природными факторами, из которых наиболее изменчивыми и активными являются метеорологические. Несмотря на повышение культуры земледелия (химизации, агротехники, мелиорации), зависимость отрасли растениеводства от погодных условий всё еще велика, что определяет колебания урожаев растений от года к году [1, 2].

Научное прогнозирование закономерностей формирования урожая культурных растений невозможно без количественной оценки метеорологических факторов, главными из которых являются тепло и влага.

Проведенные в различных климатических условиях исследования показали тесную взаимосвязь погодных условий и урожайности сельскохозяйственных культур. Так, ученые выяснили, что влияние длительности межфазных периодов на урожайность ярового ячменя несущественно, а сумма эффективных температур является лимитирующим фактором [3]. В Тувинском НИИСХ была выявлена сильная зависимость урожайности ярового ячменя от климатических условий, таких как ГТК и температурный режим [4]. В Чувашской Республике установлено, что для формирования высоких урожаев ячменя необходимо достаточное увлажнение с ГТК выше единицы [5]. В Омской области в поливидовых посевах на урожайность и качество зеленой массы оказали влияние факторы среднесуточной температуры и влажности воздуха [6].

В настоящее время климат Земли претерпевает различные изменения, связанные в основном с увеличением теплообеспеченности [7]. Значительные изменения климатических факторов отмечаются и в Новгородской области.

Климатические нормы, рассчитанные Новгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (далее — Центр)¹, менялись каждые 30 лет. За последние 60 лет климатические нормы по 30-летним периодам (с шагом 10 лет) за 1960–2020 гг. показали, что годовое количество осадков уверенно увеличивается ($r = 0,96$) на 22 мм за каждое десятилетие

при одновременном росте за тот же период среднегодовой температуры на $0,5^\circ\text{C}$ (табл. 1).

За вегетационный период (со среднесуточными температурами выше 10°C) рост количества осадков составил около 3 мм за десятилетие, при этом сумма температур вегетационного периода увеличилась на 50°C , что привело к снижению влагообеспеченности территории за 60-летний период: ГТК уменьшился на 0,07 ед.

Изменение климатических условий на территории Новгородской области благоприятствует внедрению в сельскохозяйственное производство южных растений, более требовательных к теплу и устойчивых к засухе.

Сельхозтоваропроизводители области всё чаще сталкиваются с проблемой отсутствия зеленой массы для подкормки и заготовки кормов во второй половине лета, после проведения первого укоса на основных источниках зеленых кормов — многолетних травах. Как правило, в этот период используют посевы вико-овсяных и горохо-овсяных смесей, однолетних трав различного срока сева, однако часто они не обеспечивают нужного количества и качества массы из-за неблагоприятных для них условий вегетации [8]. Альтернативой горохо-овсяным смесям могут являться сорговые культуры — культуры многофункционального использования, обладающие высоким потенциалом урожайности, устойчивые к засухе, к вредителям и болезням [9, 10]. Для юго-западной части Центрального региона на основании многолетних исследований предлагается заменить до 50% традиционных однолетних травосмесей и до 25% посевов кукурузы суданской травой и сорго-суданковыми гибридами [11].

Сорговые культуры (род *Sorghum*), согласно классификатору СЭВ, по характеру использования в производстве относят к четырем группам: сорго зерновое, сорго веничное, сорго сахарное и сорго травянистое. В свою очередь, каждая группа включает несколько видов или подвидов².

Одним из представителей этой группы является суданская трава Землячка (линия). Линия Землячка является единственным представителем суданской травы, включенным в Госреестр и допущенным к выращиванию в Северо-Западном регионе³. Оригинаторами (Северо-Кавказский ФНАЦ, г. Ставрополь, Россия) заявлены следующие характеристики культуры в условиях Северо-Кавказского региона: высота растений при созревании семян 250–280 см, кустистость средняя (от 3 до 5 стеблей), облиственность высокая, листья крупные (длиной до 65 см, шириной до 4,5 см), поникающие, зеленой окраски. Продолжительность периода от всходов до первого укоса 55–60 дней, от первого до второго укоса

Таблица 1. Климатические нормы по данным наблюдений Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Table 1. Climatic norms according to observations of the North-West Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring

Период	Год			Вегетационный период	
	Осадки, мм	Температура, $^\circ\text{C}$	ГТК	Осадки, мм	Сумма температур, $^\circ\text{C}$
1961–1990	551	4,2	1,41	303	2150
1971–2000	555	4,8	1,38	301	2181
1981–2010	584	5,3	1,39	312	2243
1991–2020	614	5,8	1,34	309	2297
Уравнение связи / коэффициент детерминации	$Y = 21,8x + 522 / r^2 = 0,92$	$Y = 0,53x + 3,7 / r^2 = 0,99$	$Y = -0,02x + 1,43 / r^2 = 0,75$	$Y = 2,9x + 299 / r^2 = 0,53$	$Y = 50,24x + 2093 / r^2 = 0,98$

¹ Агроклиматический бюллетень по Новгородской области. Новгородское гидрометеорологическое бюро. Новгород. 1961–2004.

[https://gr5.ru/Архив_погоды_в_Великом_Новгороде_\(2005–2020\)](https://gr5.ru/Архив_погоды_в_Великом_Новгороде_(2005–2020)).

² Е. С. Якушевский. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. Л.: ВИР. 1982; 34.

³ Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию ФГБУ «Госсорткомиссия». Т. 1. Сорта растений. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/gosreestr/>

45–50 дней. Растения обладают повышенной интенсивностью начального роста и отрастания растений после скашивания, устойчивы к полеганию. За два укоса формируют в среднем 45–50 т/га зеленой массы. Выход сена составляет 9–11 т/га. Урожай семян до 2 т/га.

Несмотря на то что линия Землячка имеет допуск в регионе, до сих пор исследований по выращиванию и особенностям адаптации этой южной культуры на Северо-Западе Нечерноземной зоны не проводилось.

Цель исследования — выявить закономерности роста и развития растений суданской травы линия Землячка, формирования урожайности зеленой массы в природно-климатических условиях Новгородской области.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования адаптивных способностей суданской травы линия Землячка проводились на опытном поле Новгородского НИИСХ — филиала СПб ФИЦ РАН в 2016–2022 гг.

Почвы участка — дерново-подзолистые, легко-суглинистые, среднекультурные, pH — 5,1–6,6, гумус — 2,81–3,57%, подвижный калий (K_2O) — 10,1–22,9 мг / 100 г почвы, фосфор (P_2O_5) — 12,0–73,7 мг / 100 г. Посев проводился во второй половине мая — после окончания весенних заморозков и при наступлении оптимальных температур. Урожайность зеленой массы определяли в фазу выхода в трубку.

Решение задачи определения зависимости длительности вегетационного периода, фаз развития и продуктивности суданской травы линия Землячка от метеоусловий осуществлялось с помощью программных продуктов Microsoft Excel (США).

Погодные условия за годы исследования отличались большим разнообразием (табл. 2).

Таблица 2. Метеорологические условия периода наблюдений⁴
Table 2. Meteorological conditions of the observation period

Год	Метеопараметр				
	Годовая сумма осадков, мм	Средне-годовая температура, °C	Сумма осадков за период $t > 10\text{ °C}$	Сумма температур более 10 °C	ГТК
2016	416	6,4	416	2408	1,73
2017	885	5,8	481	1813	2,65
2018	543	6,1	274	2001	1,37
2019	821	6,8	392	2232	1,76
2020	587	7,7	253	2305	1,10
2021	817	5,8	404	2092	1,93
2022	525	6,2	232	2379	0,98
Среднее	656	6,4	364	2332	1,49
Норма	605	5,7	308	2356	1,31

Таблица 3. Наступление фаз развития суданской травы Землячка и урожайность зеленой массы за 2016–2022 годы
Table 3. The onset of the phases of development of the Sudanese grass Zemlyachka and the yield of green mass for 2016–2022

Год	Фаза развития							Дата осеннего заморозка	Урожайность зеленой массы, т/га
	дата посева	всходы	кущение	выход в трубку	выметывание	цветение	созревание		
2016	30 мая	15 июня	1 июля	11 июля	24 августа	20 сентября	– (образование)	12 октября	58,9
2017	22 мая	07 июня	4 июля	28 июля	04 сентября	21 сентября	– (образование)	21 октября	17,5
2018	22 мая	5 июля	10 июля	18 июля	17 августа	28 августа	–	25 сентября	88,8
2019	15 мая	06 июня	24 июня	05 июля	19 августа	11 сентября	–	18 сентября	51,9
2020	25 мая	8 июня	28 июня	27 июля	11 августа	15 сентября	22 сентября	21 октября	41,2
2021	25 мая	9 июня	7 июля	15 июля	12 августа	7 сентября	–	17 сентября	46,6
2022	18 мая	6 июня	5 июля	25 июля	19 августа	29 августа	–	5 сентября	18,4

⁴ https://rrp5.ru/Архив_погоды_в_Великом_Новгороде

⁵ Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др.; под ред. П.П. Вавилова. 5-е изд. (перераб. и доп.). М.: Агропромиздат. 1986; 512: илл. (учебник и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

За период наблюдений сумма активных температур (выше 10 °C) составила 1813–2408 $^{\circ}\text{C}$, количество осадков за тот же период изменялся от 232 до 481 мм. В течение исследовательского семилетнего периода 2020 и 2022 годы были сухие, 2018 год характеризовался оптимальным увлажнением, остальные — избыточным.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Суданская трава Землячка — теплолюбивая культура, для завершения полного цикла развития необходимая сумма активных температур составляет 2200–3000 $^{\circ}\text{C}$, погибает при первых заморозках⁵. В годы исследований в условиях Новгородской области из-за нехватки тепла и наступления ранних заморозков жизненный цикл растений оставался, как правило, незавершенным (табл. 3). Суданская трава Землячка к заморозкам цвела, в 2016–2017 годах начала формировать семена и только в 2020 году при благоприятных погодных условиях успела сформировать семена.

На длительность межфазных периодов суданской травы и ее урожайность большое влияние оказывают метеорологические условия вегетационного периода. Характер взаимосвязей урожайности и метеорологических факторов у сорговых культур выясняли в более южных регионах страны. Ученые Брянской ГСХА проводили многолетние исследования в условиях Центрального района Нечерноземной зоны с интродуцированными сорговыми культурами. Корреляционно-регрессионный анализ полученных результатов выявил отрицательную связь у суданской травы между продолжительностью вегетации и средней температурой воздуха [12]. В ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»» изучали зависимость урожайности травянистого сорго от метеоусловий в Ростовской области. При анализе данных результатов исследований нашли тесную корреляционную зависимость урожайности зеленой массы с количеством осадков ($r = 0,79$) и среднюю отрицательную — со средней температурой воздуха за вегетацию ($r = -0,59$) [13].

В данных исследованиях длительность межфазного периода от посева до всходов составила от 14 дней в 2020 г. до 44 дней в 2018-м (в среднем 20 дней). Длительность межфазного периода «посев — всходы» очень тесно ($r = 0,99$) коррелирует с суммой температур, при этом почти не зависит от количества выпавших осадков, что может указывать на использование имеющейся в почве влаги на момент сева (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость длительности межфазных периодов суданской травы линия Землячка (сут.) от метеоусловий
Table 4. Dependence of the duration of interphase periods of Sudanese grass of line Zemlyachka (days) on weather conditions

Фаза	Метеопараметр		
	сумма осадков, мм	сумма температур, °C	ГТК
Посев — всходы	$y = 0,25x + 11,1$ $R^2 = 0,13$	$y = 0,06x + 2,9$ $R^2 = 0,98$	$y = -6,62x + 31,0$ $R^2 = 0,24$
Всходы — кущение	$y = 0,2x + 11,1$ $R^2 = 0,13$	$y = 0,04x + 4,7$ $R^2 = 0,70$	$y = -7,26x + 30,4$ $R^2 = 0,28$
Кущение — выход в трубку	$y = 0,09x + 10,0$ $R^2 = 0,40$	$y = 0,03x + 19,6$ $R^2 = 0,29$	$y = 1,31x + 13,1$ $R^2 = 0,07$
Выход в трубку — выметывание	$y = 0,17x + 14,6$ $R^2 = 0,87$	$y = 0,01x + 27,4$ $R^2 = 0,02$	$y = 4,21x + 21,4$ $R^2 = 0,70$
Выметывание — цветение	$y = 0,05x + 18,3$ $R^2 = 0,11$	$y = 0,07x - 2,0$ $R^2 = 0,95$	$y = 0,34x + 20,7$ $R^2 = 0,01$
Посев — кущение	$y = -0,06x + 46,0$ $R^2 = 0,04$	$y = 0,03x + 19,6$ $R^2 = 0,29$	$y = -4,33x + 46,7$ $R^2 = 0,12$
Посев — выход в трубку	$y = 0,04x + 50,3$ $R^2 = 0,11$	$y = 0,04x + 15,8$ $R^2 = 0,64$	$y = -0,08x + 57,0$ $R^2 = 0,01$
Посев — выметывание	$y = 0,06x + 73,4$ $R^2 = 0,46$	$y = 0,003x + 83,0$ $R^2 = 0,01$	$y = 3,86x + 80,6$ $R^2 = 0,19$
Посев — цветение	$y = 0,046x + 95,3$ $R^2 = 0,46$	$y = -0,004x + 115,9$ $R^2 = 0,02$	$y = 6,2x + 97,8$ $R^2 = 0,42$
Всходы — выход в трубку	$y = 0,10x + 21,6$ $R^2 = 0,27$	$y = 0,05x + 3,7$ $R^2 = 0,86$	$y = 1,75x + 33,2$ $R^2 = 0,01$
Всходы — выметывание	$y = 0,10x + 45,7$ $R^2 = 0,55$	$y = 0,02x + 43,1$ $R^2 = 0,15$	$y = 5,37x + 56,6$ $R^2 = 0,20$
Всходы — цветение	$y = 0,09x + 65,5$ $R^2 = 0,34$	$y = 0,03x + 47,1$ $R^2 = 0,25$	$y = 8,06x + 73,2$ $R^2 = 0,17$

Длительность межфазного периода «всходы — кущение» составляет в среднем 41 день и имеет тесную прямую корреляционную зависимость от суммы температур. На длительность межфазного периода «кущение — выход в трубку» большее влияние оказывает количество осадков, хотя теснота связи здесь квалифицируется как средняя с коэффициентом корреляции $r = 0,63$.

Очень тесная зависимость продолжительности периода «выход в трубку — выметывание» наблюдается с осадками и с гидротермическим коэффициентом (ГТК): с увеличением количества осадков за этот период от 15 до 151 мм и увеличением ГТК от 0,61 до 6,16 единиц длина этого периода увеличивается почти в три раза — с 15 до 44 суток.

Длительность следующего периода «выметывание — цветение» составила за годы наблюдений от 10 до 35 суток и зависела в основном от теплообеспеченности: увеличение суммы температур на 20° привело к удлинению данного периода почти на сутки. Удлинение межфазного периода с увеличением суммы температур происходит из-за низких среднесуточных температур в этот период. Расчеты показали отрицательный тренд между среднесуточными температурами и суммой температур за межфазный период: чем ниже среднесуточные температуры, тем большая сумма температур требуется растению для наступления следующей фазы развития.

Длительность наступления фаз развития, отсчитанная от посева суданской травы Землячка, имеет различную степень тесноты связи с метеопараметрами. Наиболее тесная зависимость наблюдалась между длительностью периода «посев — выход в трубку» и суммой температур ($r = 0,8$): увеличение суммы температур за этот период на 25° приводило к увеличению данного периода на сутки.

Тесная зависимость длительности периода от всходов до выхода в трубку наблюдалась

с суммой температур (при увеличении суммы температур на 20° продолжительность периода увеличивается на сутки), а длительность периода от всходов до выметывания — с суммой осадков: увеличение осадков на 10 мм приводит к увеличению длительности периода на сутки.

В природно-климатических условиях Новгородской области из-за недостаточной теплообеспеченности безморозного периода стабильно получать семена суданской травы Землячка невозможно. Поэтому основной задачей исследований было получение зеленой массы. Укос проводили в фазу выхода в трубку перед выметыванием, которая наступала в среднем через 67 дней после всходов. За годы наблюдений урожайность суданской травы Землячка в этот период в среднем составила 46,2 т/га, диапазон изменения колебался от 17,5 т/га в 2017 году до 88,8 т/га в 2018-м.

Разница в метеорологических условиях вегетационных периодов по годам имеет различную степень влияния на урожайность суданской травы Землячка. Наиболее сильное влияние на уровень урожайности оказала сумма температур в межфазный период «посев — всходы» (табл. 5).

Сумма температур и сумма осадков межфазного периода «всходы — кущение» оказали среднее, но достаточно близкое к высокому ($r = 0,69$) отрицательное влияние на урожайность: при увеличении за этот период суммы осадков на 10 мм или суммы температур на 100 °C урожайность суданской травы уменьшалась в среднем на 9 т/га.

В следующий межфазный период «кущение — выход в трубку» теснота связи этих же метеоусловий с урожайностью растений несколько снизилась ($r = 0,65$) при сохранении прежней тенденции отрицательного влияния увеличения осадков и суммы температур на урожайность сельскохозяйственной культуры. Корреляционной зависимости между погодными условиями межфазного периода «выход в трубку — выметывание» и урожайностью зеленой массы не наблюдалось.

За период от посева до выхода в трубку наиболее тесная зависимость урожайности от метеоусловий получена для суммы осадков ($r = 0,59$): при увеличении количества осадков на 10 мм урожайность суданской травы Землячка уменьшается примерно на 2 т/га.

Таблица 5. Зависимость урожайности суданской травы Землячка (т/га) от метеопараметров и длительности фазы развития

Table 5. Dependence of the yield of Sudanese grass Zemlyachka (t/ha) on meteorological parameters and the duration of the development phase

Фаза	Метеопараметр			Длительность периода, сутки
	сумма осадков, мм	сумма температур, °C	ГТК	
Посев — всходы	$y = 0,52x + 26,0$ $R^2 = 0,11$	$y = 0,12x + 13,0$ $R^2 = 0,64$	$y = -12,97x + 66,3$ $R^2 = 0,17$	$y = 1,68x + 11,4$ $R^2 = 0,53$
Всходы — кущение	$y = -0,95x + 90,3$ $R^2 = 0,48$	$y = -0,09x + 82,7$ $R^2 = 0,48$	$y = 16,07x + 23,9$ $R^2 = 0,17$	$y = -2,60x + 98,9$ $R^2 = 0,87$
Кущение — выход в трубку	$y = -0,2x + 63,0$ $R^2 = 0,42$	$y = -0,11x + 77,1$ $R^2 = 0,42$	$y = -5,47x + 57,8$ $R^2 = 0,15$	$y = -1,85x + 75,5$ $R^2 = 0,44$
Выход в трубку — выметывание	$y = 0,10x + 36,4$ $R^2 = 0,05$	$y = 0,03x + 31,0$ $R^2 = 0,05$	$y = 2,27x + 41,1$ $R^2 = 0,03$	$y = 0,35x + 35,3$ $R^2 = 0,02$
Посев — кущение	$y = -0,37x + 77,3$ $R^2 = 0,11$	$y = 0,01x + 36,9$ $R^2 = 0,01$	$y = -12,41x + 62,6$ $R^2 = 0,08$	$y = -0,07x + 49,1$ $R^2 = 0,01$
Посев — выход в трубку	$y = -0,19x + 73,9$ $R^2 = 0,35$	$y = -0,06x + 99,7$ $R^2 = 0,19$	$y = -10,60x + 63,2$ $R^2 = 0,16$	$y = -1,40x + 125,5$ $R^2 = 0,34$
Посев — выметывание	$y = -0,08x + 65,0$ $R^2 = 0,11$	$y = -0,02x + 74,6$ $R^2 = 0,04$	$y = -3,49x + 52,5$ $R^2 = 0,02$	$y = -1,39x + 168,1$ $R^2 = 0,26$
Всходы — выход в трубку	$y = -0,24x + 72,1$ $R^2 = 0,49$	$y = -0,07x + 91,7$ $R^2 = 0,60$	$y = -7,08x + 58,2$ $R^2 = 0,08$	$y = -1,57x + 102,9$ $R^2 = 0,87$
Всходы — выметывание	$y = -0,10x + 66,8$ $R^2 = 0,16$	$y = -0,07x + 123,5$ $R^2 = 0,50$	$y = -0,72x + 47,6$ $R^2 = 0,01$	$y = -1,61x + 154,1$ $R^2 = 0,81$

Сильная зависимость урожайности от суммы температур получена в периоды «всходы — выход в трубку» и «всходы — выметывание»: в обоих случаях при увеличении суммы температур на 100 °С урожайность зеленой массы уменьшается на 7 т/га. Отмечена тесная зависимость урожайности с длиной периода от всходов до наступления этих фаз ($r > 0,9$): при увеличении периодов на 10 суток урожайность зеленой массы суданской травы Землячка уменьшается на 16 т/га.

Влияние длительности межфазных периодов на урожайность суданской травы линия Землячка имеет сильную корреляционную зависимость между урожайностью и длительностью межфазных периодов, наблюдающихся в начале роста растений: в период «посев — всходы» — положительную с $r = 0,73$, «всходы — кущение» — отрицательную с $r = 0,91$.

Выводы/Conclusion

Выявлены закономерности роста и развития растений суданской травы линия Землячка, формирования урожайности зеленой массы в природно-климатических условиях Новгородской области.

Установлено, что:

суданская трава линия Землячка при выращивании на северо-западе Нечерноземья проявляет высокие адаптивные свойства и продуктивный потенциал, имеет высокие перспективы в качестве кормовой культуры на зеленый корм, сено, сенаж, силос; семеноводство невозможно;

длительность межфазных периодов имеет существенную положительную зависимость от погодных условий: от суммы температур — в начальные периоды от посева до кущения и в период «выметывание — цветение» с коэффициентом корреляции $r = 0,84-0,99$; от количества осадков — в середине вегетации в период от кущения до выметывания с коэффициентом корреляции $r = 0,63-0,93$;

отмечена существенная положительная корреляционная зависимость урожайности зеленой массы с суммой температур и длительностью межфазного периода «посев — всходы»;

урожайность зеленой массы суданской травы Землячка имеет тесную зависимость с теплообеспеченностью и длительностью периодов «всходы — выход в трубку» и «всходы — выметывание».

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и образования, государственное задание ФГБНУ «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», тема FFZF-2022-0010, рег. № НИОКР 122041100104-6.

FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Education of the Russian Federation; state assignment of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, topic FFZF-2022-0010, reg. No. NIOKR 122041100104-6.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мухамадьяров Ф.Ф., Пермякова Е.А. Изменчивость урожайности зерновых и зернобобовых культур в Кировской области. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022; 17(1): 27–31. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-27-31>
2. Минина Н.Н. Характеристика устойчивости сельскохозяйственных культур. Знания молодых: наука, практика и инновации. Сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. Киров: Вятский ГАТУ. 2021; 192–195. <https://elibrary.ru/yplkjr>
3. Васьюк Н.И., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Важенина О.Е., Солонечная О.В., Зимогляд А.В. Зависимость продолжительности межфазных периодов и урожайности ярового ячменя от погодных условий. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017; (4): 77–81. <https://elibrary.ru/ylypydg>
4. Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в Республике Тыва. *Вестник КрасГАУ*. 2016; (12): 13–19. <https://elibrary.ru/xshjcf>
5. Елисеев И.П., Димитриев В.Л., Ложкин А.Г. Производство ячменя, погодные условия в статистике за последние 10 лет и прогноз урожайности. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 57–60. <https://elibrary.ru/bovgri>
6. Банкрутенко А.В. Влияние агроклиматических ресурсов на урожайность и продуктивность поливидовых посевов в подтайге Западной Сибири. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2023; (1): 6–12. <https://elibrary.ru/ztclsd>
7. Zandalinas S.I., Fritsch F.B., Mittler R. Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends in Plant Science*. 2021; 26(6): 588–599. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.02.011>
8. Тиво П.Ф., Саскевич Л.А., Бут Е.А. О конвейерном производстве кормов на мелиорированных минеральных почвах в условиях зерноотравно-пропашного севооборота. *Мелиорация*. 2019; (2): 47–58. <https://elibrary.ru/szfrwd>
9. Shkodina E.P., Balun O.V., Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022; 12(2): 337–344. <https://doi.org/10.31407/ijees.12.204>

REFERENCES

1. Mukhamadyarov F.F., Permyakova E.A. Variability of grain yields and leguminous crops in Kirov region. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022; 17(1): 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-27-31>
2. Minina N.N. Characteristics of the stability of agricultural crops. *Young people's knowledge: science, practice and innovation. Collection of scientific papers of the XX International scientific and practical conference of graduate students and young scientists*. Kirov: Vyatka State Agrotechnological University. 2021; 192–195 (in Russian). <https://elibrary.ru/yplkjr>
3. Vasko N.I., Naumov A.G., Solonechny P.N., Vazhenina O.E., Solonechnaya O.V., Zimoglyad A.V. The dependence of the duration of interphase periods and the yield of spring barley on weather conditions. *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*. 2017; (4): 77–81 (in Russian). <https://elibrary.ru/ylypydg>
4. Lamazhap R.R., Lipshin A.G. Influence of climatic conditions on the yield of summer barley in the Republic of Tyva. *Bulletin of KrasGAU*. 2016; (12): 13–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/xshjcf>
5. Eliseev I.P., Dimitriev V.L., Lozhkin A.G. Barley production, weather conditions in statistics for the last ten years and yield forecast. *Promising technologies and innovations in agriculture in the context of digitalization. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 57–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/bovgri>
6. Bankrutenko A.V. The influence of agro-climatic resources on the yield capacity and productivity of poly-species crops in the subtaiga of Western Siberia. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2023; (1): 6–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/ztclsd>
7. Zandalinas S.I., Fritsch F.B., Mittler R. Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends in Plant Science*. 2021; 26(6): 588–599. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.02.011>
8. Tivo P.P., Saskevich L.A., But E.A. On the conveyor production of feed on the reclaimed mineral soils in terms of grain and grass-growing crop rotation. *Land Reclamation*. 2019; (2): 47–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/szfrwd>
9. Shkodina E.P., Balun O.V., Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022; 12(2): 337–344. <https://doi.org/10.31407/ijees.12.204>

10. Шукис Е.Р., Володин А.Б., Шукис С.К., Дробышев А.П. Реализация продуктивного потенциала различными по скороспелости сортообразцами сорговых культур в условиях Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020; (5): 69–77. <https://elibrary.ru/qyadtj>

11. Дьяченко В.В., Дьяченко О.В. Технологические и экономические аспекты внедрения сорго травянистого в Брянской области. *Зерновое хозяйство России*. 2013; (4): 15–19. <https://elibrary.ru/rcxxtj>

12. Дьяченко В.В. Суданская трава в полевом кормопроизводстве Нечерноземья. Брянск: Издательство Брянской ГСХА. 2009; 224. ISBN 5-88517-155-6 <https://elibrary.ru/tvlbph>

13. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е., Ермолина Г.М. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(3): 334–342. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342>

10. Shukis Ye.R., Volodin A.B., Shukis S.K., Drobyshev A.P. The realization of the productive potential of sorghum crop candidate varieties of different ripening duration under the conditions of the Altai region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020; (5): 69–77 (in Russian). <https://elibrary.ru/qyadtj>

11. Diachenko V.V., Diachenko O.V. Technological and economic aspects of *graminaceous sorghum* introduction in Bryansk region. *Grain Economy of Russia*. 2013; (4): 15–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/rcxxtj>

12. Dyachenko V.V. Sudanskaya grass in the field forage production of the Non-Chernozem region. Bryansk: *Bryansk State Agricultural Academy*. 2009; 224 (in Russian). ISBN 5-88517-155-6 <https://elibrary.ru/tvlbph>

13. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Ermolina G.M. Sudan grass productivity depending on meteorological conditions. *Agricultural science Euro-North-East*. 2022; 23(3): 334–342 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Васильевна Балун

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
bov0001@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>

Елена Петровна Шкодина

старший научный сотрудник
kriempereoal@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>

Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Парковая, 2, дер. Борки, Новгородская обл., 173516, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vasilyevna Balun

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
bov0001@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>

Elena Petrovna Shkodina

Senior Researcher
kriempereoal@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>

Novgorod Research Institute of Agriculture — branch of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2 Parkovaya Str., village Borki, Novgorod Region, 173516, Russia



ufi
Approved
Event



АГРОРУСЬ PRO 2024

28–30 АВГУСТА 2024

33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



КОНГРЕССНАЯ
ПРОГРАММА

ЭКСПОЗИЦИИ
РЕГИОНОВ РОССИИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ

ЦЕНТР
ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

ОТРАСЛЕВОЙ
КОНКУРС
«ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ»



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427, 2434



6+