

УДК 633.174 : 536.486

ДИАГНОСТИКА ХОЛОДОСТОЙКОСТИ СОРТОВ ПРОСА ПОСЕВНОГО

© 2022 А. К. Антимонов, О. Н. Антимонова, Л.Ф. Сыркина, Ю. Ю. Никонорова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова,
Кинель, Россия

Статья поступила в редакцию 22.06.2022

Цель исследований – изучение потенциала холодостойкости сортов проса посевного в строго контролируемых лабораторных условиях. Объект исследования – семенной элитный материал проса посевного сортов Россиянка, Поволжское 80, Константа (оригинатор Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН). Схема опыта трёхфакторная (3x2x2). Фактор А – сорт; фактор В – среды (проращивание семян на бумаге и в почве); фактор С – температура (оптимальная 25 °С, принятая за контроль, и пониженная до 10 °С). Опыт закладывался в трёхкратной повторности. Семена проращивали в лабораторных условиях, в термостате, в чашках Петри. Диагностика сорта проса посевного на холодостойкость показала, что все сорта активировали свои ростовые процессы как на бумаге, так и в почве при пониженной температуре, поэтому относительно длины проростков по варианту проращивания в почве сорта проса Поволжское 80 и Константа относятся ко II группе (средне холодостойким), так как депрессия проростков находится в диапазоне 36,0 – 70 %, а именно 44,4 и 54,8 % соответственно. Сорт Россиянка – к III группе (слабо холодостойкий), так как депрессия проростков составила 75,7 %. Испытуемые сорта проса, пророщенные на бумаге в стерильных условиях при температуре 10 °С можно отнести к I группе как холодостойкие, так как их всхожесть составила: Россиянка – 98,33 %, Поволжское 80 – 96,67 %, Константа – 98,0 %.

Ключевые слова: просо посевное (*Panicum miliaceum*), сорт, холодостойкость, стресс, проросток, корешок, всхожесть.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-2-29-34

ВВЕДЕНИЕ

Просо посевное, благодаря своей скороспелости, засухоустойчивости, продуктивности и другим биологическим и хозяйственным качествам широко используется в производстве. Однако, эта культура очень требовательна к теплу в начальные периоды вегетации, что препятствует ранним срокам ее посева в засушливых регионах. Просо слабо переносит пониженные температуры на всех этапах онтогенеза.

Устойчивость растений к низкотемпературному стрессу базируется на особенностях и за-

*Антимонов Александр Константинович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник.
E-mail: antimonov.63@mail.ru ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-5834>*

*Антимонова Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник.
E-mail: antimonovaolga@list.ru ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0634-5635>*

*Сыркина Любовь Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник.
E-mail: nti.gnu_pniiss@mail.ru ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-6691>*

*Никонорова Юлия Юрьевна, младший научный сотрудник.
E-mail: yuli-ya_zinkova12@mail.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-261X>*

кономерностях онтогенеза растений. Резервом увеличения производства зерна считают наименьшее снижение повреждения и сокращение гибели растений от экстремальных воздействий в ранние его периоды [1, 2]. Ранние холода сильно влияют на проращивание семян, энергию проростков и структуру корней, тогда как поздние заморозки снижают плодородие, урожайность, качество и содержание питательных веществ в просе [3]. Изучение отзывчивости организма на температурные воздействия имеет большое значение в начальные периоды роста растений – набухание, проращивание семян и рост проростков. В этот период недостаток тепла в почве часто приводит к очень глубоким изменениям метаболизма растительного организма, увеличению продолжительности срока от посевов до всходов и изреженности посевов. Адаптация растений к неблагоприятным условиям среды достигается благодаря модификационной и генотипической изменчивости, то есть путем перестройки комплекса физиолого-биохимических и морфо-анатомических признаков самого растения в онтогенезе и образования новых форм реакции в филогенезе [4].

Самарская область считается зоной рискованного земледелия. Оптимальные сроки по-

сева проса – третья декада мая, когда почва прогреется до 15,0...16,0 °С. Зачастую, к этому времени, с наступлением жаркой погоды уже отмечают дефицит влаги, почва на глубине заделки семян иссушается, что отрицательно влияет на полевую всхожесть семян проса. Поэтому, посев в более ранние сроки во влажную землю стрессоустойчивых к холоду сортов проса, повысил бы полевую всхожесть семян, ускорил сроки созревания растений.

Научных исследований в России по этому вопросу очень мало, но прогресс в селекции проса для улучшения репродуктивной устойчивости к холоду вполне возможен путем подборки исходного материала и выведении стрессоустойчивых к холоду сортов проса [5, 6].

Наша селекционная задача – выведение скороспелых и холодостойких сортов проса посевного, устойчивых к пониженным положительным температурам воздуха и почвы для возможности их сева в более ранние сроки.

Цель исследований – оценка потенциала холодостойкости трех сортов проса посевного в строго контролируемых лабораторных условиях по показателям всхожести семян, длинны проростков и корешка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научные исследования проводили на базе лаборатории селекции и семеноводства крупных и сорговых культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиала Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН). Объект исследования – семенной элитный материал проса посевного сортов Россиянка, Поволжское 80, Константа (оригинатор Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН). Схема опыта трёхфакторная (3x2x2). Фактор А – сорт; фактор В – среды (проращивание семян на бумаге и в почве); фактор С – температура (оптимальная 25 °С, принятая за контроль, и пониженная до 10 °С). Опыт закладывался в трёхкратной повторности. Семена проращивали в термостате, в лабораторных условиях, в чашках Петри.

При проращивании семян на бумаге в стерильных условиях ставилась цель выяснить потенциал холодостойкости разных сортов проса посевного в оптимальной и пониженной температуре без влияния на семенной материал возможной сопутствующей микрофлоры. Проращивание семян проса в не стерильной почве проводили для оценки характера реакции растения прорасти в условиях, близких к естественным, без протравливания семенного материала. Всхожесть семян, длину проростка и корешка

определяли на 7-е сутки на всех вариантах опыта. Всхожесть семян определяли по методике [7].

Определение холодостойкости сортов проводили в соответствии с действующими методическими рекомендациями [8].

На основании полученных результатов подсчитывали потенциальную холодостойкость (ПХ) и депрессию роста проростков (ДР). Потенциальную холодостойкость определяли по проценту всхожести семян образцов проса и делили на 5 групп:

- I – холодостойкие – со всхожестью 81...100 %;
- II – холодостойкость выше средней – 61...80 %;
- III – среднехолодостойкие – 41...60 %;
- IV – слабыхолодостойкие – 21...40 %;
- V – не холодостойкие – 0...20 %.

По длине проростков определяли депрессию роста проростков по формуле:

$$ДР = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\bar{X}_1} \times 100,$$

где ДР – депрессия роста проростков, %; \bar{X}_1 – средняя длина проростка в контроле; \bar{X}_2 – средняя длина проростка в опыте.

В зависимости от значения депрессии роста проростка, сорта проса разделили по холодостойкости на следующие группы:

- I – холодостойкие сорта – депрессия роста менее 36 %;
- II – средне холодостойкие – 36...70 %;
- III – слабо холодостойкие – более 70 %.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [9] с использованием пакета анализа компьютерной программы «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уровень холодостойкости растений – один из факторов устойчивости к неблагоприятным условиям среды в начальный период развития. В наших исследованиях мы попытались смоделировать условия среды с положительными низкими (+10° С) и оптимальными (+25° С) температурами.

Влияние сортов проса посевного (фактор А) на длину проростков, как на бумаге, так и в почве, при оптимальной и пониженной температуре было разным, но в общей сложности достоверным ($НСР_{05A} = 0,22$) (табл. 1).

Средняя длина проростков у всех сортов достоверно превышает среднеарифметическую по опыту длину (3,73 см): сорт Россиянка – на 0,25 (6,7 %), Поволжское 80 – на 0,63 см (16,9 %), Константа – на 0,25 (6,7 %) и 0,38 см (20,2 %). Лучшие показатели реакции на холодостойкость по показателю «длина проростка» у сорта Поволжское 80.

Таблица 1. Длина проростков проса посевного в различных температурных условиях и средах, см
Table 1. Length of millet seedlings in various temperature conditions and environments, cm

Сорт (A)	На бумаге \bar{X} (B)		В почве \bar{X} (B)		Средняя длина проростков \bar{X}
	t = 25 °C (контроль) (C)	t = 10 °C (C)	t = 25 °C (контроль) (C)	t = 10 °C (C)	
Россиянка	5,33	1,43	5,77	1,40	3,48
Поволжское 80	6,47	1,17	6,30	3,50	4,36
Константа	5,47	0,87	4,87	2,20	3,35
\bar{X}					3,73
НСР _{05 общ.} = 0,44; взаимодействия факторов "А", "В" и "С" достоверно					
НСР _{05 А} = 0,22; влияние фактора "А" достоверно					
НСР _{05 В, С} = 0,18; влияние фактора "В" и "С" достоверно					
НСР _{05 АВ} = 0,31; взаимодействия факторов "АВ" достоверно					
НСР _{05 АС} = 0,31; взаимодействия факторов "А" и "В" недостоверно					
НСР _{05 ВС} = 0,26; взаимодействия факторов "В" и "С" достоверно					

Математический анализ показал, что влияние разных сред (фактор В) на развитие проростков достоверно (НСР_{05 В} = 0,18), и их длина в этих средах у всех сортов была разной. У сорта Россиянка, пророщенной при оптимальной температуре в почве, длина ростка была достоверно больше, чем на бумаге на 0,44 см (8,3 %). В почве, при пониженной температуре, растения развивались одинаково с контрольным вариантом (25 °C), длина ростка укорачивалась лишь на 0,03 см. На контрольных вариантах у сорта Поволжское 80 длина ростка не существенно снижалась в почве, чем на бумаге, всего на 0,17 см или на 2,6 %, а при температуре 10°С в почве она была существенно выше, чем на бумаге на 2,33 см. На контрольных вариантах у сорта Константа длина ростка в почве была меньше, чем на бумаге на 0,6 см или на 11,0 %, а при температуре 10°С в почве – существенно выше, чем на бумаге на 1,33 см.

Установлено так же достоверное влияние температурного режима (фактор С) на рост проростков проса (НСР_{05 С} = 0,18). Математический анализ показал, что при проращивании семян проса посевного, длина проростков у всех сортов сильно и достоверно снижалась при температуре 10°С по сравнению с контрольным вариантом: у сорта Россиянка на бумаге – на 3,9 см (73,2 %), в почве – на 4,37 см (75,7 %); у сорта Поволжское 80 – на бумаге - на 0,18 см (2,8 %), в почве - на 2,8 см (44,4 %); у сорта Константа – на бумаге - на 4,6 см (84,1 %), в почве – на 2,67 см (54,8 %).

Наши исследования показали, что депрессия проростков у испытываемых сортов при пониженной температуре не равнозначна как на бумаге,

так и в почве. Чем меньше процент депрессии проростков, тем выше холодостойкость сорта. В нашем случае все три сорта проса посевного, согласно Методике, по варианту проращивания на бумаге относятся к III группе (слабо холодостойким), так как депрессия проростков составила выше 70 %, а именно 73,2 – 84,1 % (рис. 1).

По варианту проращивания в почве сорта проса Поволжское 80 и Константа относятся ко II группе (средне холодостойким), так как депрессия проростков находится в диапазоне 36,0 – 70 %, а именно 44,4 и 54,8 % соответственно. Сорт Россиянка – к III группе (слабо холодостойкий), так как депрессия проростков составила 75,7 %.

Дисперсионный анализ показал достоверное влияние сортов проса посевного (фактор А) на рост корешков (НСР_{05 А} = 0,29) (табл. 2). Средняя длина корешков у сорта Россиянка достоверно уступает среднеарифметической по опыту длине (4,35 см) - на 0,68 (15,6 %), сорт Поволжское 80 значительно превышает этот показатель - на 0,67 см (15,4 %), а сорт Константа имеет одинаковые значения со среднеарифметической длиной. Лучшие положительные реакции на холодостойкость по показателю «длина корешка» у сорта Поволжское 80.

Дисперсионный анализ показал, что влияние разных сред (фактор В) на интенсивность роста корешков проса достоверна (НСР_{05 В} = 0,24) и в контрольном варианте (25°С) в почве, она у всех сортов достоверно была меньше, чем на бумаге у сорта Россиянка – на 1,83 см (28,5 %), Поволжское 80 – на 2,4 см (30,7 %), у Константы – на 2,43 см (36,3 %). А длина корешка в почве при пониженной температуре, напротив, увеличивалась, чем на бумаге у сорта Россиянка – на

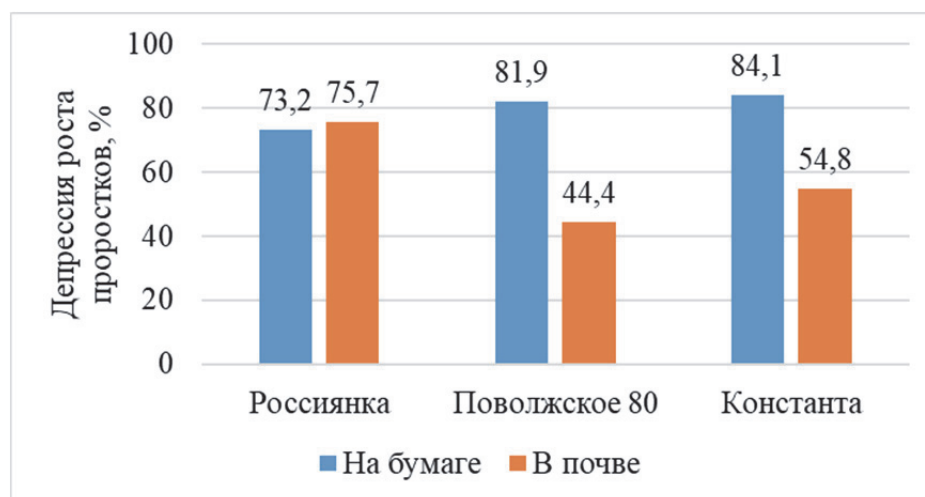


Рис. 1 Депрессия роста проростков проса при пониженной температуре выращивания в разных средах (10°С), %
Rice. 1 Depression of growth of millet sprouts at a reduced growing temperature in different environments (10°С), %

Таблица 2. Длина корешка сортов проса посевного в различных температурных условиях и средах, см
Table 2. Length of the root of millet varieties in various temperature conditions and environments, cm

Сорт (А)	Длина корешка, см				Средняя длина проростков \bar{X}
	на бумаге \bar{X} (В)		в почве \bar{X} (В)		
	t = 25°С (контроль) С	t = 10°С (С)	t = 25°С (контроль) С	t = 10°С (С)	
Россиянка	6,43	1,20	4,60	2,43	3,67
Поволжское 80	7,83	2,57	5,43	4,23	5,02
Константа	6,70	3,20	4,27	3,27	4,36
				\bar{X}	4,35
НСР _{05 общ.} = 0,58; взаимодействия факторов "А", "В" и "С" достоверно					
НСР _{05 А} = 0,29; влияние фактора "А" достоверно					
НСР _{05 В, С} = 0,24; влияние фактора "В", "С" достоверно					
НСР _{05 АВ, АС} = 0,41; взаимодействия факторов "А" и "В", "А" и "С" достоверно					
НСР _{05 ВС} = 0,34; взаимодействия факторов "В" и "С" достоверно					

1,23 см (103 %), Поволжское 80 – на 1,66 см (64,6 %), у сорта Константа корешок развивался одинаково как на бумаге, так и в почве.

Установлено так же достоверное влияние температурного режима (фактор С) на рост корешков проса (НСР_{05 С} = 0,24). Математический анализ показал, что при проращивании семян проса всех сортов при температуре 10°С, длина корешков резко снижалась по сравнению с контрольным вариантом у сорта Россиянка: на бумаге – на 5,23 см (81,3 %), в почве – на 2,17 см (47,2 %); у сорта Поволжское 80: на бумаге – на 5,26 см (67,2 %), у Константы: на бумаге – на 3,5 см (52,2 %), в почве – на 1,0 см (23,4 %).

Влияние сортов проса посевного (фактор А) на всхожесть при разной температуре и в раз-

ных средах достоверное (НСР_{05 А} = 3,09) (табл. 3). Анализируя средний показатель всхожести сортов, следует отметить, что самая низкая всхожесть у сорта Россиянка – 54,5 %, что на 3,95 % меньше среднеарифметической по опыту, самая высокая у Поволжского 80 – 64,17 % (на 5,72 %). Средняя по опыту всхожесть Константы – 56,66 % не значительна.

Математический анализ показал, что влияние разных сред (фактор В) на всхожесть сортов проса достоверна (НСР_{05 В} = 2,52) и она значительно снижалась у всех сортов при проращивании семян в почве с пониженным температурным режимом.

В контрольном варианте (25°С) в почве, всхожесть семян всех сортов была достоверно ниже,

Таблица 3. Лабораторная всхожесть сортов проса посевного в различных температурных условиях и средах, %
Table 3. Laboratory germination of millet varieties in various temperature conditions and environments, %

Сорт (А)	Всхожесть, %				Средняя всхожесть по сортам, \bar{X}
	на бумаге \bar{X} (В)		в почве \bar{X} (В)		
	t = 25 °C (контроль) С)	t = 10 °C (С)	t = 25 °C (контроль) (С)	t = 10 °C (С)	
Россиянка	98,33	95,67	15,67	8,33	54,50
Поволжское 80	98,00	96,67	32,67	29,33	64,17
Константа	98,00	95,00	25,00	8,67	56,66
				\bar{X}	58,44
НСР _{05 общ.} = 6,17; взаимодействия факторов "А", "В" и "С" достоверно					
НСР _{05 А} = 3,09; влияние фактора "А" достоверно					
НСР _{05 В, С} = 2,52; влияние фактора "В", "С" достоверно					
НСР _{05 АВ, АС} = 4,36; взаимодействия факторов "А" и "В", "А" и "С" достоверно					
НСР _{05 ВС} = 3,56; взаимодействия факторов "В" и "С" достоверно					

чем на бумаге у сорта Россиянка – на 80,0 %, Поволжское 80 – на 65,33 %, Константа – на 70,0 %. С понижением температуры до 10 °C, всхожесть так же резко падала по сравнению с вариантом на бумаге: у сорта Россиянка – на 90,0 %, Поволжское 80 – на 67,34 %, Константа – на 89,33 %.

Установлено достоверное влияние температурного режима (фактор С) на всхожесть проса (НСР_{05 С} = 2,52). При проращивании семян при температуре 10 °C на бумаге, всхожесть была выше контрольного варианта у сорта Россиянка на 2,66 %, у сорта Константа – на 3,0 %, у сорта Поволжское 80 снижалась не значительно – на 1,33 %. В почве, при температуре 10 °C, по сравнению с контрольным вариантом (25 °C), всхожесть была достоверно меньше у Россиянки – на 7,34 %, Поволжского 80 – на 3,34 %, Константы – 16,33 %.

Диагностика холодостойкости сортов проса посевного показала, что проращивание семян в стерильных условиях на бумаге и приближенных естественных условий в почве (фактор В) посредством снижения температурного режима, дало не равнозначные результаты. Согласно Методическим указаниям, сорта проса, пророщенные на бумаге в стерильных условиях при температуре 10 °C можно отнести к I группе как холодостойкие, так как их всхожесть их составила: Россиянка – 98,33 %, Поволжское 80 – 96,67 %, Константа – 98,0 %.

При проращивании семян в не стерильной почве с пониженным температурным режимом (10 °C), присутствовали плесневелые, не всхожие семена, что привело к резкому снижению всхожести на всех сортах проса.

ВЫВОДЫ

Диагностика сорта проса посевного на холодостойкость показала, что все сорта активировали свои ростовые процессы как на бумаге, так и в почве при пониженной температуре, поэтому относительно длины проростков по варианту проращивания в почве сорта проса Поволжское 80 и Константа относятся ко II группе (средне холодостойким), так как депрессия проростков находится в диапазоне 36,0 – 70 %, а именно 44,4 и 54,8 % соответственно. Сорт Россиянка – к III группе (слабо холодостойкий), так как депрессия проростков составила 75,7 %.

Испытуемые сорта проса, пророщенные на бумаге в стерильных условиях при температуре 10 °C можно отнести к I группе как холодостойкие, так как их всхожесть их составила: Россиянка – 98,33 %, Поволжское 80 – 96,67 %, Константа – 98,0 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батыгин, Н.Ф. Онтогенез высших растений / Н.Ф. Батыгин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 100 с.
2. Малтай, Н.Б. Скрининг на устойчивость к пониженным положительным температурам коллекции проса в ранней фазе онтогенеза / Н.Б. Малтай, А.Б. Рысбекова // Сб. статей. Collected Papers XXV International Scientific-Practical conference «EurasiaScience». – М.: ООО «Актуальность. РФ», 2019. – С. 8-10.
3. Виноградов, З.С. Исходный материал для создания холодостойких образцов сахарного сорго / З.С. Виноградов, В.С. Смирнова // Кукуруза и сорго, 1991. – Т. 1. – С. 19-20.
4. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 766 с.

5. Ковтунов, В.В. Изучение образцов сорго зернового из Восточной Африки в условиях Ростовской области / В.В. Ковтунов, Н.А. Ковтунова, О.А. Лушпина и др. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 6 (72). – С. 39-44. – doi: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-39-44>.
6. Старчак, В.И. Оценка образцов зернового сорго на холодостойкость / В.И. Старчак, Д.А. Степанченко. // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: материалы II-й международной науч.-практ. конф. ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов, 2022. – С. 175–181.
7. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями № 1, 2, с Поправкой) // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 64 с.
8. Малиновский, Б.Н. Диагностика холодостойкости сорго / Б.Н. Малиновский, В.С. Смирнова, З.С. Виноградов // Методические указания. Л., 1990. 20 с.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 2014. – 336 с.

DIAGNOSTICS OF COLD RESISTANCE OF MILLET VARIETIES

© 2022 A. K. Antimonov, O. N. Antimonova, L. F. Syrkina, Yu. Yu. Nikonorova

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov,
Kinel, Russia

The purpose of the research is to study the cold resistance potential of millet varieties under strictly controlled laboratory conditions. The object of the study is elite seed material of millet varieties *Rossiyanka*, *Povolzhskoe 80*, *Constanta* (originator *Povolzhsky NIIS*, a branch of the Sam Scientific Center of the Russian Academy of Sciences). The scheme of experience is three-factorial (3x2x2). Factor A - variety; factor B - environment (germination of seeds on paper and in soil); factor C – temperature (optimal 25° C, taken as control, and reduced to 10° C). The experience was laid in three repetitions. The seeds were germinated under laboratory conditions, in a thermostat, in Petri dishes. Diagnostics of the millet variety for cold resistance showed that all varieties activated their growth processes both on paper and in the soil at low temperatures, therefore, relative to the length of the seedlings, according to the variant of germination in the soil, the varieties of millet *Povolzhskoe 80* and *Constanta* belong to group II (medium cold-resistant), since the depression of seedlings is in the range of 36.0 - 70%, namely 44.4 and 54.8%, respectively. Cultivar *Rossiyanka* belongs to group III (weakly cold-resistant), since the depression of seedlings was 75.7%. The tested varieties of millet germinated on paper under sterile conditions at a temperature of 100 C can be classified as cold-resistant to group I, since their germination was: *Rossiyanka* - 98.33%, *Povolzhskoe 80* - 96.67%, *The Constanta* is 98.0%.

Keywords: Kaffir grain sorghum (*Sorghum caffrorum*), variety, cold resistance, stress, seedling, root, germination.

DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-2-29-34

REFERENCES

1. *Batygin, N.F.* Ontogenez vysshih rastenij / N.F. Batygin. - M.: Agropromiz-dat, 1986. – 100 s.
2. *Maltaj, N.B.* Skrining na ustojchivost' k ponizhennym polozhitel'nym temperaturam kollekcii prosa v rannej faze ontogeneza / N.B. Maltaj, A.B. Rysbekova // Sb. statej. Selected Rapers XXV International Scientific-Practical conference «EurasiaScience». – M.: ООО «Aktual'nost'. RF», 2019. – S. 8-10.
3. *Vinogradov, Z.S.* Iskhodnyj material dlya sozdaniya holodostojkih obrazcov sahnogo sorgo / Z.S. Vinogradov, B.C. Smirnova // Kukuruzna i sorgo, 1991. – T. 1. – S. 19-20.
4. *Zhuchenko, A.A.* Adaptivnyj potencial kul'turnyh rastenij / A.A. Zhuchenko. – Kishinev: Shtiinca, 1988. – 766 s.
5. *Kovtunov, V.V.* Izuchenie obrazcov sorgo zernovogo iz Vostochnoj Afriki v usloviyah Rostovskoj oblasti / V.V. Kovtunov, N.A. Kovtunova, O.A. Lushpina i dr. // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2020. – № 6 (72). – S. 39-44. – doi: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-39-44>.
6. *Starčhak, V.I.* Ocenka obrazcov zernovogo sorgo na holodostojkost' / V.I. Starčhak, D.A. Stepanchenko. // Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyah aridizacii klimata: materialy II-j mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. FGBNU RosNIISK «Rossorgo». - Saratov, 2022. – S. 175–181.
7. GOST 12038-84 Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti (s Izmeneniyami № 1, 2, s Popravkoj) // Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody analiza: Sb. GOSTov. M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2004. 64 s.
8. *Malinovskij, B.N.* Diagnostika holodostojkosti sorgo / B.N. Malinovskij, V.S. Smirnova, Z.S. Vinogradov // Metodicheskie ukazaniya. L., 1990. – 20 s.
9. *Dospëkhov, B.A.* Metodika polevogo opyta / B.A. Dospëkhov. – M.: Kolos, 2014. – 336 s.

Alexander Antimonov, Cand. Sc. (Agr.), Head of Laboratory.
E-mail: antimonov.63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3926-5834>
Olga Antimonova, Cand. Sc. (Agr.), Senior Researcher at the Laboratory of Selection and seed Production of Cereals and Sorghum Crops. E-mail: antimonovaolga@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0634-5635>

Lubov Syrkina, Cand. Sc. (Agr.), Head of the Laboratory of Selection and Seed Production of Cereals and Sorghum Crops. E-mail: nti.gnu_pniiss@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8773-6691>
Yuliya Nikonorova, Junior Researcher.
E-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0376-261X>