

ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ *SORGHUM BICOLOR* L. К БИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

FEATURES OF *SORGHUM BICOLOR* L. SUSTAINABILITY TO BIOTIC STRESS FACTORS IN ARID CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN

Анапияев Б.Б., Исакова К.М., Бейсенбек Е.Б.,
Капалова С.К., Сагимбаева А.М., Омарова А.Ш.

Сатбаев Университет
050013, Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22 а
E-mail: bak_anapiyayev@mail.ru

Anapiyayev B.B., Isakova K.M., Beisembek Y.B.,
Kapalova S.K., Sagimbayeva A.M., Omarova A.S.

Satbayev University
050013, Kazakhstan, Almaty, Satpaev str., 22a
E-mail: bak_anapiyayev@mail.ru

Определены основные факторы, которые влияют на рост и развитие сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) в аридных условиях Юго-Востока Казахстана. Было определено энергия прорастания и всхожесть семян различных генотипов сахарного сорго. Обнаружено, что посевной материал сахарного сорго было поражено грибной и бактериальной микрофлорой. Фитоэкспертиза показала, что они были поражены микрофлорой, относящейся к родам *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Helminthosporium*, которые вызывают плесневение и гниение семян. На основании симптомов проявления болезни и результатов изоляции и идентификации грибов и бактерий установлено, что растения сахарного сорго были поражены фузариозным увяданием, корневой гнилью, также образец SAB-11 поражен пыльной головней. В результате проведенных исследований были отобраны образцы сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.), устойчивые к биотическим стрессовым факторам окружающей среды в аридных условиях Юго-Востока Казахстана.

Ключевые слова: сахарное сорго, *Sorghum bicolor* L., биотические факторы, возбудители болезней.

Для цитирования: Анапияев Б.Б., Исакова К.М., Бейсенбек Е.Б., Капалова С.К., Сагимбаева А.М., Омарова А.Ш. ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ *SORGHUM BICOLOR* L. К БИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА. *Аграрная наука*. 2019; (1): 166-170.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-166-170>

The main factors that influence the growth and development of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in arid conditions of the South-East of Kazakhstan are identified. It was determined germination energy and germination of seeds of different genotypes of sweet sorghum. Sorghum seed was found to be affected by fungal and bacterial microflora. Phytoexamination showed that sweet sorghum was affected by microflora belonging to the genera *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Helminthosporium*, which cause mold and seed rot. On the basis of the symptom of the manifestation of the disease and the results of isolation and identification of fungi and bacteria, it was established that the plants of sweet sorghum were affected by *Fusarium* wilt, root rot and sample SAB-11 was affected by dusty smut. As a result of the studies, the genotypes of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) resistant to biotic stress factors of the environment in the arid conditions of the South-East of Kazakhstan were selected.

Key words: sweet sorghum, *Sorghum bicolor* L., biotic factors, pathogens.

For citation: Anapiyayev B.B., Isakova K.M., Beisembek Y.B., Kapalova S.K., Sagimbayeva A.M., Omarova A.S. FEATURES OF *SORGHUM BICOLOR* L. SUSTAINABILITY TO BIOTIC STRESS FACTORS IN ARID CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN. *Agrarian science*. 2019; (1): 166-170. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-166-170>

Актуальность

Сорго является очень важной сельскохозяйственной культурой. Пищевое сорго используют в качестве продукта питания в 30 странах для более чем 500 млн человек, проживающих в тропической Африке и Южной Азии. Кормовое сорго является основным ингредиентом для приготовления корма для крупного рогатого скота, птицы и свиней. Сахарное сорго выращивают в промышленных масштабах для производства сиропа, солода, крахмала и белка [Cifuentes и др., 2014]. Также сахарное сорго является перспективным сырьем для производства биоэтанола [Almodares, Hadi, 2009]. Учитывая огромный потенциал, сахарное сорго является очень перспективной культурой многоцелевого использования [Сарсенбаев, 2014].

В настоящее время особое внимание уделяется разработке методов получения альтернативных источников энергии, таких как биогаз, биотопливо и биоэтанол. В число стран-лидеров по производству биоэтанола входят такие государства как США и Бразилия, которые занимают мировой рынок по производству биоэтанола 47% и 43%, соответственно. Остальные страны занимают оставшиеся 10%. Потенциальный рынок для производства биоэтанола составляет более 3,6 млн т.

Перспективной культурой для производства биоэтанола является сахарное сорго (*Sorghum bicolor* L.). Родиной происхождения сорго является Африка, поэтому сорго является очень засухоустойчивой культурой, которая может произрастать в засушливых аридных зонах Казахстана. Поэтому исследования, связанные с усовершенствованием биотехнологических методов для создания сырьевой базы сахарного сорго для производства биоэтанола для условий Юго-Востока Казахстана, является очень актуальным.

В связи с этим целью данной работы было изучение влияния биотических факторов на рост и развитие сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.), поражаемости семян посевного материала и растений сахарного сорго грибными и бактериальными возбудителями болезней в аридных условиях Юго-Востока Казахстана.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служили генотипы сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) SAB-1, SAB-2, SAB-3, SAB-4, SAB-5, SAB-6, SAB-8, SAB-9, SAB-10, SAB-11 и SAB-12. Всхожесть и энергия прорастания семян сахарного сорго были определены в лабораторных условиях по стандартной методике (ГОСТ 12038-84). Пора-

жаемость семян сахарного сорго были определены по общепринятой методике. Посев семян сахарного сорго проводили в аридных условиях Юго-Востока Казахстана. Почвенный покров опытного участка представлен предгорными светло-каштановыми почвами. Они сформированы на лессовидных суглинках и имеют ясно выраженный плодородный профиль. Характерной чертой этих почв является их высокая карбонатность. По механическому составу они относятся к средним суглинкам. Содержание крупной пыли составляет 40–45%, физической глины — 40%, а илистые фракции уменьшаются по профилю от 13,8 до 8,62%. Почти все механические элементы находятся в агрегированном состоянии. Мощность гумусового горизонта 50 см с содержанием гумуса от 2,7 до 3%, количество которого резко снижается вниз по профилю. Наблюдается высокое содержание карбонатов, вследствие чего реакция почвенного раствора слабощелочная pH 7,3–7,5.

Данные погодно-климатических условий, температура воздуха и количество осадков в период проведения полевых исследований в сравнении со среднесезонными показателями приведены в таблице 1. Метеорологические условия были неблагоприятными для посева сорго. Температурные условия в апреле 16,4 °С, характеризовались положительным балансом за месяц против 10,4 °С в сравнении со среднесезонными значениями, выпадением незначительного количества атмосферных осадков в мае 129,4 мм и в целом за весенние месяцы, количество их составило 257,9 мм, что выше среднесезонных данных на 91,0 мм.

В апреле осадков практически не выпало — 9,2 мм, в то время как по среднесезонным данным их количество составило 56,5 мм, т. е. в 5 раз меньше, чем среднесезонное. В марте и мае их количество в 2 с лишним раза выше среднесезонных норм.

Все агротехнические мероприятия выполнены своевременно и качественно согласно рекомендациям по возделыванию сорго в условиях Алматинской области. Предшественник — кукуруза. Осенью проведена основная обработка почвы на глубину 25 см с боронованием. Весной осуществлены боронование зяби и предпосевная культивация с внесением удобрений. Проведен уход за посевами: прополка вручную, дорожек до механических обработок, внесен почвенный гербицид Дуал-голд из расчета 1,6 л/га, а в период вегетации — гербицид Эстет, проведены 2 междурядные обработки, вторая — совместно с внесением удобрений в подкормку аммиачной селитрой из расчета 100 кг/га д.в., нарезка борозд, арыков, 1-ый полив по бороздам вручную. Подсчитана густота стояния растений, прорывка и формирование густоты стояния растений сорго.

Для комплексной оценки посевов сахарного сорго применены: методика госсортоиспытания с.-х. культур, изучение и поддержание сортов и гибридов кукурузы и сорго, методика полевого опыта, методические указания по получению гибридных семян кукурузы и сорго, методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупных культур.

Оценка гибридов проведена по следующим основным хозяйственным-ценным признакам:

1. Фенологические наблюдения;

2. Высота растений, см;
3. Полегание растений в баллах от 1 до 5;
4. Урожайность зерна, ц/га;
5. Учет поражаемости болезнями.

В 2018 году были проведены исследования с использованием 17 сортообразцов сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.),

Посевные качества семян определяли во влажных камерах. По каждому генотипу брали по 50 семян в 3-х кратной повторности. При этом учитывали количество больных семян и проростков. Микрофлору устанавливали на питательной среде картофельном агаре (КА) согласно методическим указаниям Н.А. Наумовой «Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию» [Наумова, 1960].

Результаты и их обсуждение

Перед посевом различных генотипов сорго в полевых условиях была изучена всхожесть семян сахарного сорго в лабораторных условиях. На всхожесть семян сорго влияли такие факторы, как генотип растения, сроки хранения семян и обсемененность семян сорго различными микроорганизмами. При этом отсутствие микрофлоры отмечали (-), слабый рост (+), средний рост (++), интенсивный рост (+++). Определение грибной и бактериальной микрофлоры проводили по морфологическим и культуральным признакам колоний грибов и бактерий и их чистых культур. Морфологические признаки грибов исследовали путем микроскопирования по спороношению. Бактериальную микрофлору выделяли в чистую культуру и проверяли на патогенность на тест-объектах — комнатной герани и клубнях картофеля. Патогенные виды бактерий на листьях герани вызывают реакцию сверхчувствительности в виде некроза, на клубнях картофеля вызывают мацерацию (гниение) ткани.

На 4 сутки дружные и полноценные всходы были отмечены у генотипов SAB-1, 2, 4, 8, 9, 10 и 11 — 78; 76; 88,6; 81,3; 100; 96,6 и 98%, соответственно. Энергия прорастания генотипов SAB-5, 6, 7 и 11 составила 45,3, 45,0, 36,6, 32,0%, соответственно, генотип SAB-3 обладал слабой жизнеспособностью, всего 2,0% (табл. 1.).

Лабораторная всхожесть на 8 сутки генотипов SAB-8, 9, 10 и 12 соответствуют нормам оригинальных и элитных сортов. Всхожесть генотипов SAB-1 и SAB-2 соответствуют нормам репродуктивных сортов для производства: 78 и 79,3%, соответственно. Остальные семена показали очень низкую лабораторную всхожесть: 32,0–53,3%. Всхожесть генотипа SAB — 3 составила всего 2,6%.

Таблица 1.

Температура воздуха и количество осадков (данные за 2018 год)

Месяц	Температура воздуха, °С		Осадки, мм	
	фактически	Среднее многолетнее	фактически	Среднее многолетнее
Январь	-10,0	-10.8	24,3	19.8
Февраль	-2,0	-8.5	37,2	21.9
Март	8,4	0.7	123,8	48.8
Апрель	16,4	10.4	9,2	56.5
Май	16,3	16.4	124,9	61.6
Июнь	22,3	21.2	28,7	53.9
Июль	25,2	24.1	32,3	26.6
Август	25,5	22.1	43,5	21.2

Также было отмечено сильное поражение семян и проростков болезнями (рис. 1). Наибольшее количество больных семян и проростков у генотипов SAB-1, 2, 3, 7, 11 и 12 составила 100; 78,6; 93,3; 73,3; 100 и 88%, соответственно. В остальных вариантах зараженность варьировала от 3,3 до 56,4%.

Фитозекспертизу семян на зараженность грибной и бактериальной микрофлорой проводили на картофельном агаре. Результаты отражены в таблице 2. Как видно из таблицы 2, во всех пробах семян после поверхностной стерилизации на питательной среде выявлена грибная и бактериальная инфекция (рис. 1).

На основании морфологических признаков колоний и микроскопирования по спороношению выявленные грибы относятся к родам *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Helminthosporium*, вызывающие плесневение и гниение семян, а также поражение корневыми гнилями.

Результаты идентификации бактерий на основании морфологических признаков колоний на питательной среде и проверки их патогенных свойств на тест-объектах — комнатной герани и клубнях картофеля (рис. 3) показали их идентичность фитопатогенным бактериям родов — *Erwinia*, *Pseudomonas*, вызывающих различные виды бактериозов.

В полевых опытах при выращивании сахарного сорго на темно-каштановой почве в условиях Юго-Востока Казахстана были исследованы поражаемость сортообразцов сахарного сорго возбудителями болезней (рис. 2–3).

На основании симптомов проявления болезни и результатов изоляции и идентификации грибов и бактерий

Таблица 2.

Фитозекспертиза семян сахарного сорго, лабораторный опыт, питательная среда, 2018 год

Генотип	% поражае- мости	Заселенность грибной микро- флорой		Заселенность бактериальной микрофлорой	
		дни учета			
		3	5	3	5
SAB-1	100	+++	+++	+++	+++
SAB-2	100	++	++	+++	+++
SAB-3	92,8	+	++	++	+++
SAB- 4	100	-	++	++	++
SAB-5	100	+	+	++	++
SAB-6	100	+	+	++	+
SAB-7	100	+	+	++	++
SAB-8	100	+	++	+	+++
SAB-9	100	-	++	++	+++
SAB-10	92,8	+	++	++	+++
SAB-11	100	+++	+++	+++	+++
SAB-12	98,6	+	+	++	+

Примечание: слабый рост (+), средний рост (++), интенсивный рост (+++) микрофлоры.

установлено, что растения сахарного сорго были поражены фузариозным увяданием, корневой гнилью, также образец №1 поражен пыльной головней. Выявленные грибы *Mucor sp.*, *Alternaria sp.* являются вторичной инфекцией.

Причиной поражения корневой системы сорго фузариозным увяданием и корневой гнилью является ослабление физиологических процессов и иммунной системы растений под влиянием складывающихся погодных условий — затяжной прохладной весной, резкими перепадами температуры, частыми и обильными осадками, вызывающими уплотнение почвы и удушье корневой системы из-за недостатка кислорода.

Рис. 1. Семена сахарного сорго, пораженные грибной и бактериальной микрофлорой, лабораторный опыт, 2018 год

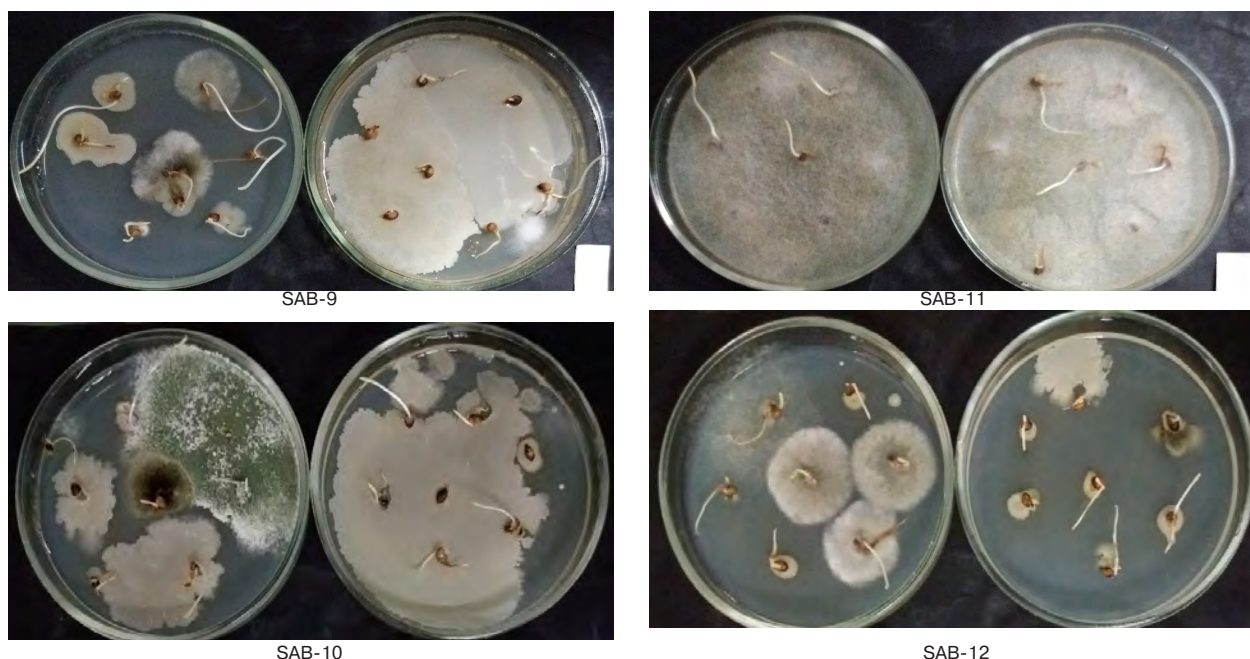
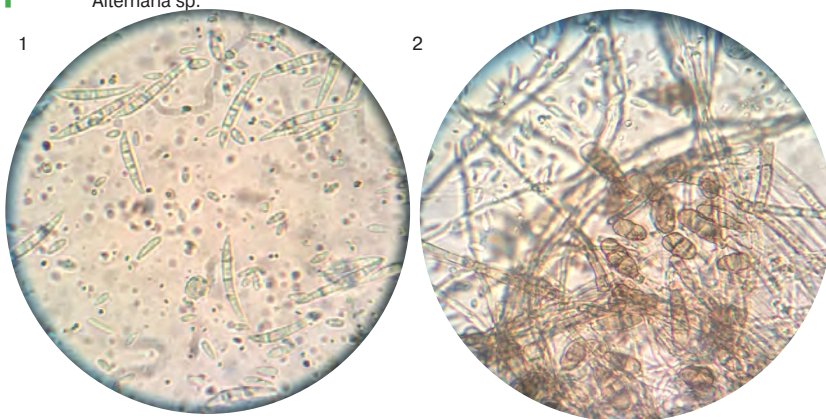


Рис. 2. Симптомы проявления грибных болезней на листьях сахарного сорго: 1–2 — Некротические пятна на листьях сахарного сорго; 3–4 — общий вид растений сахарного сорго пораженных фузариозным увяданием. Полевой опыт



Рис. 3. Микроскопирование выделенных грибов из растений сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.): 1 — микрофотография возбудителя болезни сахарного сорго *Fusarium* sp.; 2 — микрофотография возбудителя болезни корневой гнили сахарного сорго *Alternaria* sp.



Выводы

В результате проведенных лабораторных и полевых исследований были установлено, что не все представленные образцы генотипов этой культуры по посевным качествам соответствуют ГОСТ, а также выявлена их зараженность широким спектром сапрофитной и патогенной микрофлорой.

При исследовании всхожести семян сорго оригинальных и элитных сортов было выявлено, что не все генотипы сахарного сорго показали высокую всхожесть. Выявлена, что лабораторная всхожесть генотипов SAB-8, 9, 10 и 12 соответствуют нормам оригинальных и элитных сортов. Всхожесть генотипов SAB-1 и SAB-2 соответствуют нормам репродуктивных сортов для производства: 78 и 79,3%, соответственно. Остальные семена показали очень низкую лабораторную всхожесть: 32,0–53,3%. Всхожесть генотипа SAB-3 составила всего 2,6%.

Также отмечено сильное поражение семян и проростков болезнями. Наибольшее количество больных семян и проростков у генотипов SAB-1, 2, 3, 7, 11 и 12 составила 100; 78,6; 93,3; 73,3; 100 и 88%, соответственно. В остальных вариантах зараженность варьировала от 3,3 до 56,4%.

Фитозэкспертизу семян на зараженность грибной и бактериальной микрофлорой проводили на картофельном агаре. При этом во всех пробах семян после поверхностной стерилизации на питательной среде выявлена грибная и бактериальная инфекция. Выявленные грибы, на основании морфологических признаков колоний и микроскопирования по спороношению, относятся к родам *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Helminthosporium*, которые способны вызывать плесневение и гниение семян, а также поражение корневыми гнилями.

В результате изучения растений сахарного сорго в полевых условиях было выявлено, что они поражаются бактериальными заболеваниями. Бактерии были идентифицированы на основании морфологических признаков колоний на питательной среде и после проверки их патогенных свойств на тест-объектах — комнатной герани и клубнях картофеля. Данные исследования показали их идентичность к фитопатогенным бактериям родов — *Erwinia*, *Pseudomonas*, вызывающих различные виды бактериозов.

На основании проведенной фитозэкспертизы семян сахарного сорго установлено, что не все представленные образцы этой культуры по посевным качествам соответствуют ГОСТ, а также выявлена их зараженность широким спектром сапрофитной и патогенной микрофлорой. Образцы, не устойчивые к абиотическим и биотическим стрессовым факторам, поражаются пыльной головней, корневой гнилью и фузариозным увяданием.

На наш взгляд, причиной поражения корневой системы сорго фузариозным увяданием и корневой гнилью является ослабление физиологических процессов и иммунной системы растений под влиянием складывающихся погодных условий 2018 года, которые характеризовались затяжной прохладной весной, резкими перепадами температуры, частыми и обильными осадками, вызывающими уплотнение почвы и удушье корневой системы из-за недостатка кислорода.

В процессе проведенных исследований была создана коллекция ценных образцов сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) с целью создания сырьевой базы для производства биоэтанола. В экстремальных аридных условиях Юго-Востока Казахстана были отобраны образцы сахарного сорго, устойчивые к биотическим стрессовым факторам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Almodares A., Hadi M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review // A. J. of Agricultural Research, 2009. V. 4 (9). P. 772–780.
2. Cifuentes R., Dressani R., Rols C. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein // Energy for Sustainable Development, 2014, 21, P. 13–19.
3. Elkonin L.A. Dominant male sterility in sorghum: effect of nucleus background on inheritance of tissue-culture-induced mutation // Theor Appl. Genet. 2005, 111, P. 1377–1384.
4. Elkonin L.A., Italianskaya J.V., Domanina L.V. et. al., Transgenic sorghum with improved digestibility of storage proteins obtained by Agrobacterim — mediated transformation // R.J. of Plant Physiology, 2016, V. 63, N.5, P. 678–689.
5. Harborne J.B., Williams C.A. Advances in flavonoid research since 1992 // Phytochemistry. 2000. V. 55. P. 481–504.
6. Lekgari A., Dweikat I. Assessment of genetic variability of 142 sweet sorghum germplasm of diverse origin with molecular and morphological markers. O.J. of Ecology, 2014, — N. 4, P. 372–393.
7. Maqbool S.B., Devi P., Sticklen M.B. Biotechnology: Genetic improvement of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant, 2001, 37, p. 504–515.
8. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. Л.: Сельхозгиз, 1960, 202 с.
9. Сарсенбаев Б.А. Сорго сахарное перспективная культура многоцелевого использования // Известия НАН РК, Сер.биологическая и медицинская, 2014, №3, С. 3–9.
10. ГОСТ 12038–84 Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // М., Стандартформ, 2011, 64 с.
11. Шмараев Т.Е., Малиновская Е.В. Изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков и биологических свойств сорго гвинейского коллекции ВИР при формировании стерильной коллекции // Кукуруза и сорго, 2007, №3. С. 11–13.

ОБ АВТОРАХ:

Анапиев Б.Б., доктор биологических наук, профессор
Искакова К.М., кандидат биологических наук, доцент
Бейсенбек Е.Б., научный сотрудник, магистр
Капалова С.К., научный сотрудник, магистр
Сагимбаева А.М., PhD докторант
Омарова А.Ш., кандидат с-х. наук, старший научный сотрудник

REFERENCES

1. Almodares A., Hadi M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review // A. J. of Agricultural Research, 2009. V. 4 (9). P. 772–780.
2. Cifuentes R., Dressani R., Rols C. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein // Energy for Sustainable Development. 2014. 21. P. 13–19.
3. Elkonin L.A. Dominant male sterility in sorghum: effect of nucleus background on inheritance of tissue-culture-induced mutation // Theor Appl. Genet. 2005. 111. P. 1377–1384.
4. Elkonin L.A., Italianskaya J.V., Domanina L.V. et. al., Transgenic sorghum with improved digestibility of storage proteins obtained by Agrobacterim — mediated transformation // R.J. of Plant Physiology, 2016. V. 63. N. 5. P. 678–689.
5. Harborne J. B., Williams C.A. Advances in flavonoid research since 1992 // Phytochemistry. 2000. V. 55. P. 481–504.
6. Lekgari A., Dweikat I. Assessment of genetic variability of 142 sweet sorghum germplasm of diverse origin with molecular and morphological markers. O.J. of Ecology, 2014, N. 4, P. 372–393.
7. Maqbool S.B., Devi P., Sticklen M.B. Biotechnology: Genetic improvement of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) // In Vitro Cell. Dev. Biol. — Plant, 2001, 37, p. 504–515.
8. Naumova N.A. Seed analysis for fungal and bacterial infection. L.: Selkhozgiz, 1960, 202 p.
9. Sarsenbayev B.A. Sorghum sugar perspective culture of multi-purpose use // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, Ser.biological and Medical, 2014. №3. P. 3–9.
10. GOST 12038–84 Interstate standard. Crop seeds. Methods for determining germination // M., Standartform, 2011. 64 p.
11. Shmaraev, T.E., Malinovskaya, E.V. The variability of the main economically valuable traits and biological properties of the sorghum-Guinean VIR collection during the formation of the core collection // Kukuruz and Sorghum, 2007. No. 3. P.11–13.

ABOUT THE AUTHORS:

Anapiyayev B.B., Dr., professor
Iskakova K.M., PhD., associate professor
Beisenbek Y.B., scientific researcher, master
Kapalova S.K., Researcher, Master
Sagimbayeva A.M., PhD student
Omarova A.S., PhD, Senior scientific researcher