

СКРИНИНГ ГЕНОФОНДА ПРОСА (*PANICUM MILIACEUM L.*) НА РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ГОЛОВНЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ИММУНИТЕТ

Э.Н.¹Дюсибаева, PhD

А.Б.¹Рысбекова, к.б.н., ассоциированный профессор

А.Е.¹Жакенова, докторант PhD

И.А.¹Жирнова докторант PhD

Ху Ин-Ганг²

¹Казахский агротехнический университет С.Сейфуллина,

г.Нур-Султан, Казахстан, пр.Жеңіс, 62

elmira_dyusibaeva@mail.ru

²Северо-западный университет сельского и лесного хозяйства, агрономический колледж, Провинция Шанкси, Янлинь, Китай

Аннотация

В данной статье приведены данные по выявлению устойчивости к пыльной головне проса с целью дальнейшего создания резистентных сортов, а также проведен анализ по поражению фитопатогеном по различным годам исследования. Объектами исследований служили сорта и образцы проса мировой коллекции и отечественной коллекции, среди которых имеются ценные генотипы несущие гены устойчивости *Sp*. С целью создания инфекционного фона ежегодно репродуцировали изоляты вредоносного патогена-возбудителя пыльной головни проса *Sphacelotheca panici-miliacei*. Выявлена колебание восприимчивости коллекционных образцов в зависимости от климатических условий по годам исследования. С использованием искусственного фона местных рас головни отобраны ценные генотипы из зарубежной и отечественной коллекции для включения в селекционный процесс на иммунитет.

Ключевые слова: просо, генофонд, головня, скрининг, устойчивость, инфекционный фон, генотип.

Введение

В устойчивом развитии отечественного АПК, в том числе животноводства и птицеводства, для обеспечения которого кормами целесообразно расширять площади посевов такой весьма ценной культуры, как просо.

Просо (*Panicum miliaceum L.*) – важнейшая крупяная культура. Широкое распространение оно получило за свои хозяйственно-полезные качества, которые считаются в нем с высокой засухоустойчивостью и

урожаемостью. Просо возделывается, главным образом, для продовольственных целей [1]. Получаемая из него крупа (пшено) по питательности не уступает другим видам круп, и, кроме того, оно быстро и хорошо разваривается [2, 3]. Пшено также содержит необходимые для организма витамины: РР (никотиновую кислоту) и фолиевую кислоту, а по В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин) витаминам просо вдвое богаче других хлебных злаков. Кроме продовольственного просо также имеет большое кормовое значение. В корм животным и птице идут главным образом отходы от переработки проса на крупу: мучель, острец, сечка, лузга, которые являются дешевым кормом, особенно для птиц, так как содержат ценные органические кислоты, способствующие быстрому росту [4].

Материалы и методика исследований

В исследования были включены 192 сорта и образцов проса мировой коллекции ВИР, отечественной и зарубежной (USDA) коллекции. Среди них имеются хозяйственно-ценные образцы, несущие гены устойчивости: *Sp 1*, *Sp 2*, *Sp 3* и *Sp 4*. Изоляты возбудителя пыльной головни проса *Sphacelotheca panici-miliacei* репродуцировали ежегодно в течение 2015-2020 годов. Оценку по устойчивости к головне проводили при искусственной инокуляции патогенными изолятами, относящимися к

Одним из факторов лимитирующих получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является заметное поражение возделываемых сортов болезнями. Среди них самой распространенной является пыльная головня порождаемая *Sphacelotheca panici-miliacei* [5]. Высокой вредоносности данного патогена во многих зонах страны способствует низкий уровень агротехники и недостаточная устойчивость выращиваемых сортов проса [6, 7]. Важным звеном в интегрированной защите растений является селекция и возделывание адаптированных, болезнеустойчивых сортов. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение генофонда проса на устойчивость к вредоносному патогену и выделение ценных генотипов для использования их в селекционных программах на иммунитет.

местным популяционным расам (раса 1, раса 2, раса 3, раса 4). За месяц до посева определяли жизнеспособность инокулята. Для этого засевают в чашки Петри споровой материал и инкубируют при оптимальной для данного вида гриба температуре. В результате подсчета количества жизнеспособных спор, отобранные наиболее интенсивные репродукцией патогена провели заспорение семян проса из расчета 1% спор к массе семян [8]. Согласно методике 50 штук заспоренных семян каждого образца высеваются

на двурядковых делянках с междурядьями 20 см. Контроль за эффективностью инфекционного фона осуществляли методом высева стандарта Кокчетавское 66, универсально восприимчивого сорта через каждые 9 делянок. Для сравнения развития болезни и объективной оценки устойчивости образцов к пыльной головне, проводили закладку полевого опыта в естественном фоне не заспоренных семян проса. В качестве стандарта использовали сорт Саратовское 6, включенный в Госреестр РК с целью оценки хозяйственно-ценных признаков генофонда проса. Классификацию устойчивости сортообразцов и гибридов проса к головне осуществляли по 9-бальной шкале поражения и в процентном: 1-

очень слабое, (<10%); 3-слабое (10-35%); 5-среднее (36-60%); 7-сильное (61-85%); 9-очень сильное (>85%) соотношении [9]. Тип реакции определяют по следующей шкале: 0 – на метелках отсутствуют признаки болезни; R – резистентность (1 балл); MR – средняя устойчивость – (3 балла); MS – средняя восприимчивость, (5 балла); S – высокая восприимчивость (7-9 баллов). Определение патотипного состава возбудителя *S.panici-miliacei* проводили согласно ключу по идентификации рас на дифференцирующем наборе [10]. Фенологические наблюдения проводили согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции проса [11].

Основные результаты исследований НИР

В 2018-2020 гг. была проведена фитопатологическая оценка коллекционного материала проса на устойчивость к *S. panici-miliacei* в условиях естественного заражения и на искусственном фоне пыльной головни. Анализ данных по устойчивости генофонда проса к пыльной головне показал, что в годы исследований в естественных условиях заболевание практически не наблюдалось. Изучение устойчивости образцов зарубежной коллекции в полевых условиях показало, что избыточно влажный

2018 г. был благоприятным для развития головневых заболеваний, так сумма осадков за вегетацию составила 202,0 мм. В этот год максимального проявления болезни среди изучаемых 85 генотипов зарубежной коллекции (USDA) у образцов: PI 654403 (TU-85-074-03; Турция), PI 173750 (IPM 990; Турция) и PI 182258 (DARI; Турция) наблюдалось сильное поражение, 67%, 71% и 74%, соответственно. Сорт-стандарт Кокчетавское 66 также показал восприимчивость на 64% (Рисунок 1).



а – Кокчетавское 66; б - Уральское 109, в - К-9520, г – К-10286

Рисунок 1 – Метелки проса, пораженные пыльной головней и телиоспоры гриба *S. panici-miliacei*) на универсально восприимчивых сортообразцов (*Sp 0*)

В целом изучаемые 41 образец, 48,2% из всей зарубежной коллекции, проявили умеренную устойчивость к данному патогену (9-32%). Слабая восприимчивость отмечена в 2019 и 2020 годах: степень поражения варьировала от 6% до 48%, лишь образец PI 170589 (IPM 633; Турция) оказался восприимчивым на 65%.

В результате иммунологического изучения 89 образцов коллекции ВИР выделено 36 номеров, устойчивых к заболеванию: К-35, К-803, К-806, К-1437, К-6314, К-6619, К-1942, К-1985, К-2236, К-2374, К-2493, К-2526, К-2742, К-5786, К-6602, К-3664, К-3690, К-3697, К-3751, К-3753, К-9373, К-9571, К-9598, К-9701, К-9719, К-9720, К-9749, К-9805, К-10284, К-10286, К-10289, К-10349, К-10357 и образцы с не присвоенным номером каталога: Кормовое 2606 55к, Кормовое 2020 054/2, Кормовое 2528 g.060/3.

Слабая и средняя восприимчивость к заболеванию

была отмечена у основной части образцов, 42,7% всей коллекции: К-9681, К-10112, К-9989, К-9645, К-10213, К-10204, К-10222, К-10286, К-10299, К-1066, К-2468, К-3742, К-148, К-5786, К-2377, К-8873, К-9910, К-9703, К-9655, К-9658, К-9800, К-9837, К-1685, К-9580, К-8649, К-10170 Л78/863, К-2241, К-2253, К-8507, К-8503, К-10224, К-10352, К-10275, К-10282, К-9802 и образцы с не присвоенным номером каталога: Посевное Rm 18 3217, Горлинка sang, Омское 16.

Сорта отечественной коллекции были восприимчивы в зависимости от года исследований. Так, в благоприятный 2018 г. для развития телиоспор головни (202,0 мм) у сортов Кормовое просо, Шортандинское 10, Шортандинское 7, Памяти Берсиева, Яркое 5, Яркое 7, Омское 11, Кормовое 89, Павлодарское, Золотистое кормовое, Барнаульское кормовое, Саратовское 6 интенсивность поражения варьировала от 36% до 56%. Сорта которые были близки к

универсально-восприимчивому стандарту Кокчетавское 66: Саратовское 3, Уральское 109 и

Актюбинское кормовое, 61%, 66% и 67%, соответственно.

Обсуждение полученных данных

Проведена кластеризация по полученным данным оценки устойчивости зарубежной и отечественной коллекции за 2018-2020 годы исследования, после вычисления среднего показателя поражаемости патогеном за указанный период. В результате кластерного анализа по интенсивности поражения патогеном позволил разделить

образцы зарубежной коллекции проса на первые и вторые группы. Первую группу вошли восприимчивые образцы, поражение которых по годам варьировало от 13,3 до 25 %. Иммунные, высокоустойчивые и сравнительно устойчивые образцы сгруппировались во вторую группу кластера (Рисунок 2).

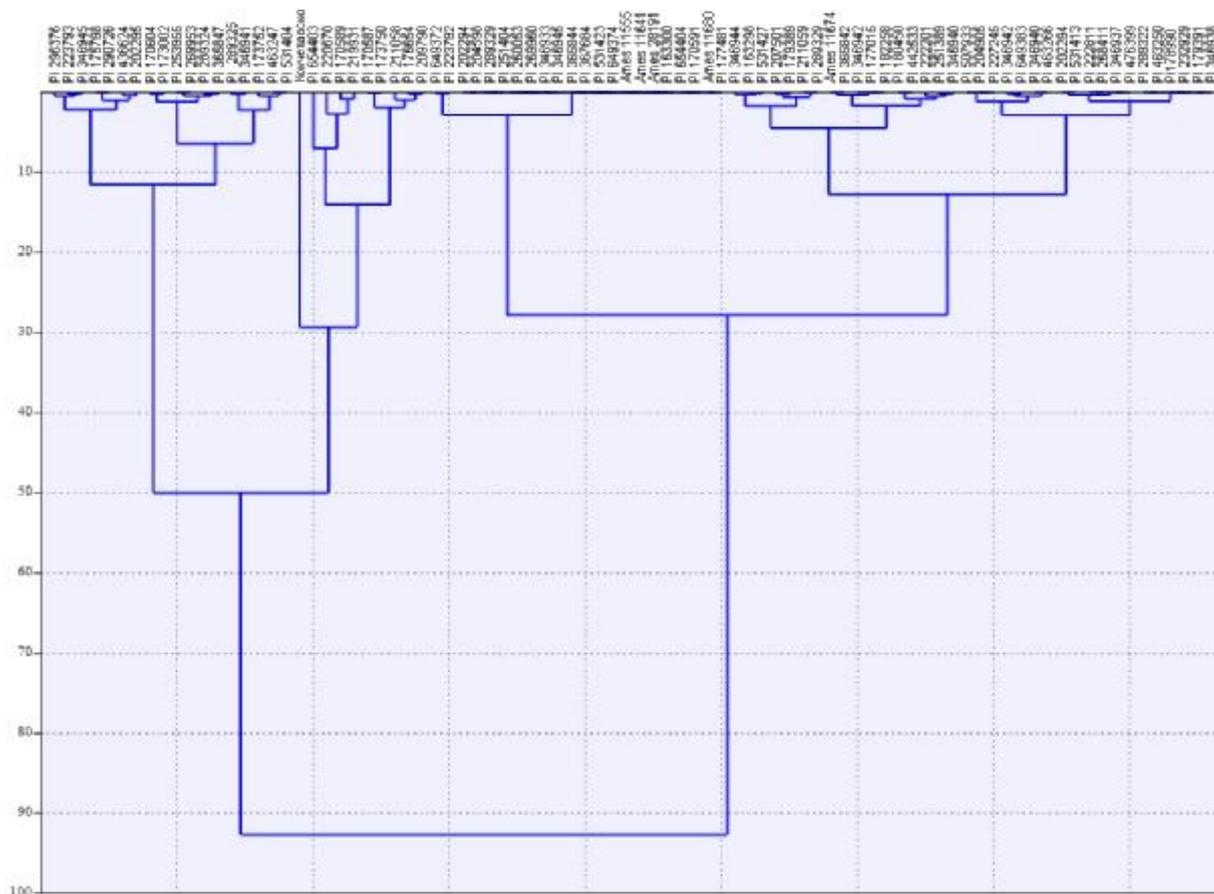


Рисунок 2 - Распределение зарубежных коллекционных образцов проса по поражению пыльной головней (инфекционный фон, 2018- 2020 гг.

При искусственном заражении местной популяции возбудителем пыльной головни также

повышенный уровень устойчивости (1-очень слабое, <10%) показали ряд коллекционных образцов К-10215, К-

2278, К-2274, К-520, К-1474, К-10222, К-10121, К-6490, К-8023, К-3806 и К-8528: 2,6%, 3,0%, 5,0%, 5,0%, 5,5%, 5,5%, 6,1%, 6,1%, 6,7%, 8,3%, и 8,3%, соответственно.

Поражение возбудителем *S. panici-miliacei* коллекции ВИР по годам варьировало от 10 до 47,5 %. При проведении нами кластерного

анализа показателя устойчивости разбивались на 2 основных интервала. В первую группу кластера вошли иммунные и высокоустойчивые коллекционные образцы ВИР, во второй сгруппировались образцы у которых наблюдался слабый и средний уровень поражения (Рисунок 3).

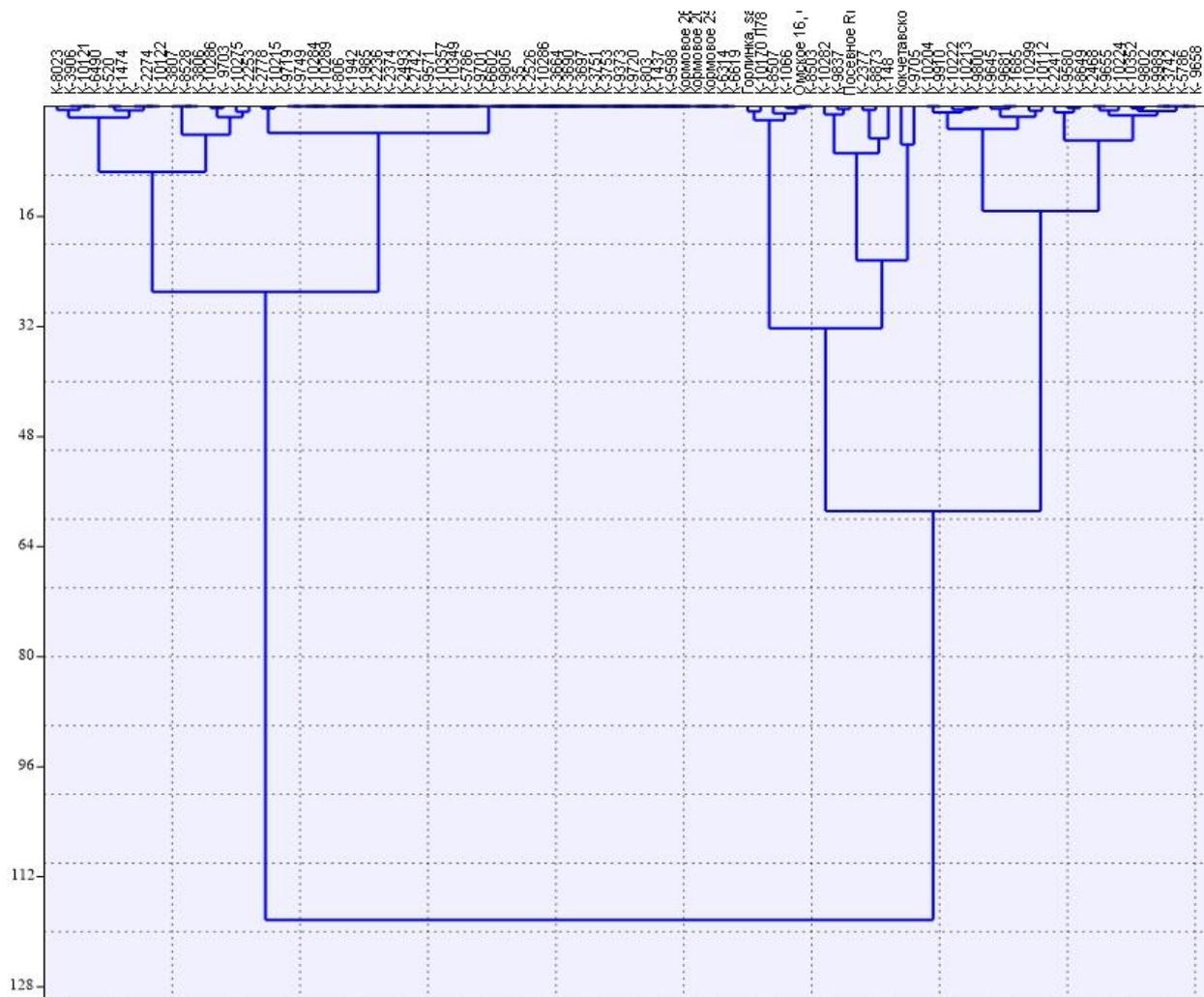


Рисунок 3 - Распределение коллекционных образцов ВИР по поражению пыльной головней (инфекционный фон, 2018- 2020 гг.)

2019 г. оказался относительно засушливым (82,5 мм) во второй половине вегетации сложились неблагоприятные условия для развития фитопатогена. Так, в 2019 году степень поражения близкая к показателям сорта стандарта

Кокчетавское 66 была лишь у сортов: Саратовское 3 и Уральское 109, степень их поражения составила 50% и 55%, соответственно. Другие изученные отечественные сорта в этом году отличились наилучшим показателем: 0-15%.

В 2020 году количество осадков выпавшие за период вегетации проса составило 124 мм, температурный режим не отличался от предыдущих лет исследования (53,1 °С). Все же выделились сорта показавшие иммунитет к искусственному заражению (0): Яркое 7, Яркое 5, Омское 11, Кормовое 89, Павлодарское, Золотистое кормовое, Кормовое просо, Шортандинское 10, Шортандинское 11 и Павлодарское 4. Другие сорта показали умеренную восприимчивость к грибному заболеванию *S. panici-miliacei*:

Саратовское 6, Барнаульское кормовое, Шортандинское 7, Уральское 109, Памяти Берсиева и Павлодарское 4, интенсивность поражения которых составила: 6,2%, 10,0%, 12,5%, 15,3%, 28,5% и 30%, соответственно. На рисунке 4 проведен кластерный анализ, где видно что в целом за годы исследований хотя средний показатель поражаемости был ниже по сравнению с стандартом (55,3%), абсолютно иммунных сортов среди отечественной коллекции не наблюдалось.

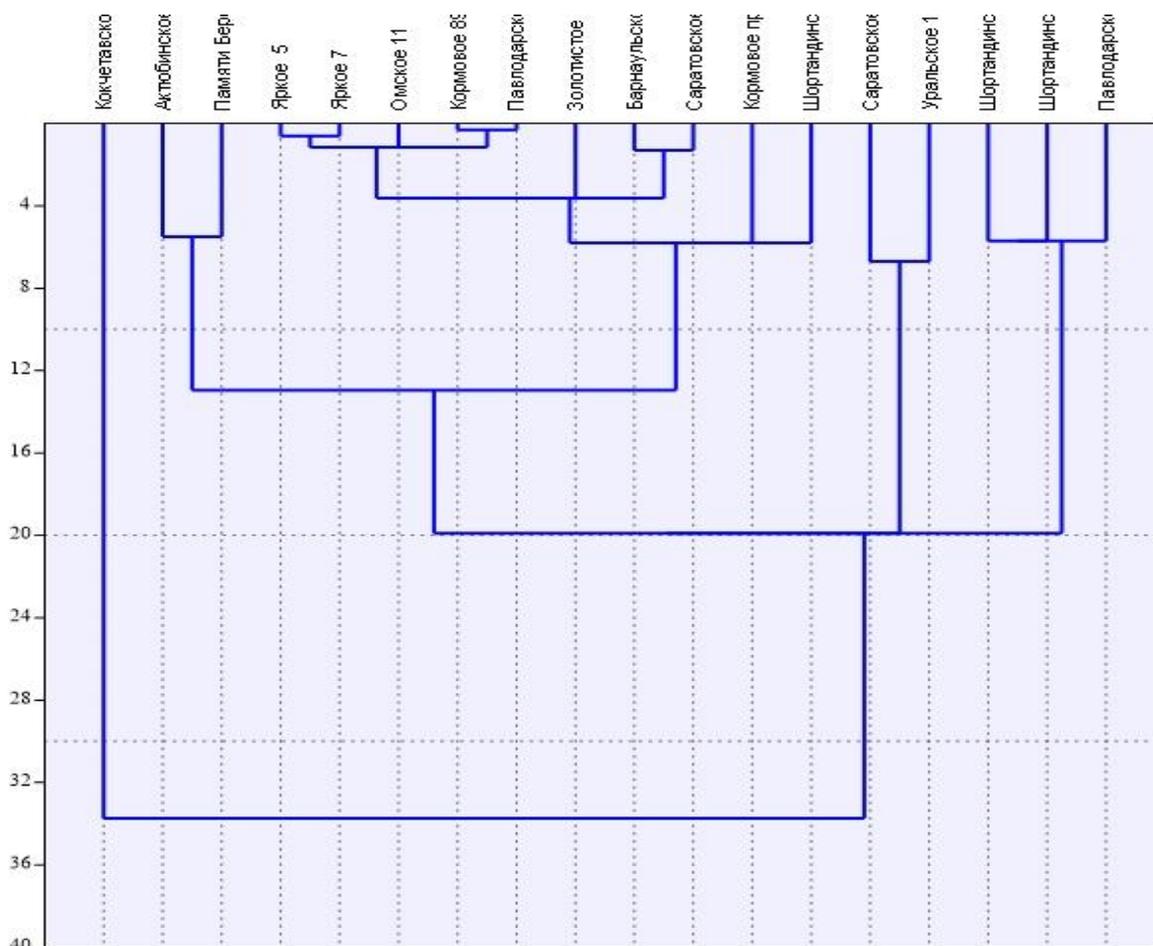


Рисунок 4 – Распределение сортов отечественной селекции по поражению пыльной головней (инфекционный фон, 2018- 2020 гг.)

Таким образом, наши исследования за 2018-2020 гг.

позволили выявить коллекционные сорта и образцы с лучшими

показателями устойчивости к пыльной головне. Выделенные образцы могут служить ценным

исходным материалом для селекционных программ на иммунитет проса.

Заключение

В результате проведенного скрининга зарубежного и отечественного генофонда проса по устойчивости к пыльной головне, были отобраны ценные сортообразцы:

1. Среди отечественной коллекции - Яркое 7, Яркое 5, Омское 11, Кормовое 89, Павлодарское, Золотистое кормовое, Кормовое просо, Шортандинское 10, Шортандинское 11 и Павлодарское 4;

2. Среди коллекции ВИР - К-35, К-803, К-806, К-1437, К-6314, К-6619, К-1942, К-1985, К-2236, К-2374, К-2493, К-2526, К-2742, К-5786, К-6602, К-3664, К-3690, К-

3697, К-3751, К-3753, К-9373, К-9571, К-9598, К-9701, К-9719, К-9720, К-9749, К-9805, К-10284, К-10286, К-10289, К-10349, К-1035, Кормовое 2606 55к, Кормовое 2020 054/2, Кормовое 2528 g.060/3;

3. Среди зарубежной коллекции – образцы из Индии (Ames 11555, Ames 11641, PI 163300, PI 365844); из Турции (PI 654404, PI 170591, Ames 11680, PI 177481, PI 204598, PI 649374, из Аргентины (PI 202294), из Ирана (PI 251404), из Пакистана (PI 269960), из Австралии (PI 367684), из Польши (PI 531423), из России (PI 289329, PI 260053, PI 346933, PI 346945).

Список литературы

1. Неймышева А.Н. Питательная и кормовая ценность проса и продуктов его переработки // Научно-агрономический журнал. - №1(96)-2015.-С.33-35.

2. K. Salini, A. Nirmalakumari, A.R. Muthiah and N. Senthil Evaluation of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm collections // Electronic Journal of Plant Breeding, 2010. - Vol.1(4), P. 489-499.

3. Aiman Rysbekova, Elmira Dyussibayeva, Irina Zhirnova, Aiym Zhakenova, Abilbashar Seitkhozhayev, Carina Makhmudova, Svetla Yancheva, Nursaule Zhanbyrshina, Gulden Kipshakbayeva. Evaluation of salt tolerance of *Panicum miliaceum* L. collection at the germination stage in conditions of induced sodium chloride salinization // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2019. - Vol. 25(5), P. 986-993.

4. Kalinova J., Moudry J. Content and quality of protein in millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties // Plant Foods for Human Nutrition, 2006. - Vol. 61, P.45-49.

5. Elmira Dyussibayeva, Abilbashar Seitkhozhayev, Aiman Rysbekova, Aigul Tleppayeva, Gulzat Yessenbekova, Irina Zhirnova. Studying the world collection of millet with a view to select forms immune to lose smut // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2020. - Vol. 26 (6), P. 1203–1208.

6. Elmira Dyussibayeva, Abilbashar Seitkhozhayev, Aigul Tleppayeva, Nursaule Zhanbyrshina, Sandukash Babkenova, Aiman Rysbekova Study of the

millet varieties and samples with respect to resistance against dusty smut // Ecology, Environment and Conservation. Eco. Env. & Cons., 2017.- Vol. 23, P. 852-858.;

7. Койшибаев М.К. Болезни проса. Экология, характеристика возбудителей распространение, вредоносность, комплексная защита посевов. – Алматы: РНИ Бастау, 1998. - 248 с.

8. Ильин В.А., Золотухин Е.Н., Унгенфухт И.П., Тихонов Н.П. Методические рекомендации по селекции проса на устойчивость к головне. – М., 1989. - 45 с.

9. Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ вида *Panicum miliactum* L. - Л., 1982. - 24 с.

10. Пат. 1655357. Способ расовой дифференциации спорообразцов головни проса / Н.П. Тихонов; опубл. 15.06.1991, Бюл. № 22. - 7 с.

11. Агафонов Н.П., Курцева А.Ф. Изучение Мировой коллекции проса: метод. указ. - Л., 1988. - 29 с.

REFERENCES

1. Neymysheva A.N. Nutritional and forage value of millet and its products // Scientific agronomic journal. - No. 1 (96) -2015.-P.33-35.

12. 2. K. Salini, A. Nirmalakumari, A.R. Muthiah and N. Senthil Evaluation of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm collections // Electronic Journal of Plant Breeding, 2010. - Vol.1(4), P. 489-499.

3. Aiman Rysbekova, Elmira Dyussibayeva, Irina Zhirnova, Aiym Zhakenova, Abilbashar Seitkhozhayev, Carina Makhmudova, Svetla Yancheva, Nursaule Zhanbyrshina, Gulden Kipshakbayeva. Evaluation of salt tolerance of *Panicum miliaceum* L. collection at the germination stage in conditions of induced sodium chloride salinization // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2019. - Vol. 25(5), P. 986-993.

4. Kalinova J., Moudry J. Content and quality of protein in millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties // Plant Foods for Human Nutrition, 2006. - Vol. 61, P.45-49.

5. Elmira Dyussibayeva, Abilbashar Seitkhozhayev, Aiman Rysbekova, Aigul Tleppayeva, Gulzat Yessenbekova, Irina Zhirnova. Studying the world collection of millet with a view to select forms immune to lose smut // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2020. - Vol. 26 (6), P. 1203–1208.

6. Elmira Dyussibayeva, Abilbashar Seitkhozhayev, Aigul Tleppayeva, Nursaule Zhanbyrshina, Sandukash Babkenova, Aiman Rysbekova Study of the millet varieties and samples with respect to resistance against dusty smut // Ecology, Environment and Conservation. Eco. Env. & Cons.: 2017.- Vol. 23, - P. 852-858.;

7. Koishibaev M.K. Proca disease. Ecology, characteristics of pathogens, propagation, harmfulness, complex protection of crops. - Алматы: Bactau, 1998 .-- 248 p.

8. Ilyin V.A., Zolotukhin E.N., Ungenfukht I.P., Tikhonov N.P. Methodical recommendations for breeding for head smut resistance. - М., 1989 .- 45 p.

9. Agafonov N.P., Kurtseva A.F. Wide unified CMEA classifier and the international CMEA classifier of the species *Panicum miliactum* L. - L., 1982. - 24 p.
10. Pat. 1655357. The method of racial differentiation of millet smut spore samples / N.P. Tikhonov; publ. 06/15/1991, Bul. No. 22. - 7 p.
11. Agafonov N.P., Kurtseva A.F. Exploring the World Proca Collection: Method. indic. - L., 1988 .-- 29 p.

ТАРЫ (*Panicum miliaceum* L.) ГЕНОФОНДЫН ИММУНИТЕТКЕ БАҒЫТТАЛҒАН СЕЛЕКЦИЯДА ҚАРАКҮЙЕ АУРУЫНА РЕЗИСТЕНТТІЛІК СКРИНИНГІ

Э.Н.¹ Дүйсебаева, PhD

А.Б.¹ Рысбекова, к.б.н., қауымдастырылған профессор

А.Е.¹ Жакенова, PhD докторант

И.А.¹ Жирнова, PhD докторант

Ху Ин-Ганг²

¹«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті»,

Нұр-Сұлтан қаласы, пр.Жеңіс, 62

elmira_dyusibaeva@mail.ru

*²Ауыл және орман шаруашылығының Солтүстік-Батыс университеті,
астық дақылдардың генетикасы және селекциясы кафедрасы,
агрономия факультеті*

Түйін

Бұл мақалада арнайы құрылған инфекциялық фонды қолдану арқылы тары коллекциясы генотипінің қара күйеге төзімділігін анықтау туралы мәліметтер келтірілген. Жүргізілген скрининг нәтижесінде бағалы сорттар мен үлгілер: ВИР коллекциясынан 36 үлгі (К-35, К-803, К-806, К-1437, К-6314, К-6619, К-1942, К-1985, К-2236, К-2374, К-2493, К-2526, К-2742, К-5786, К-6602, К-3664, К-3690, К-3697, К-3751, К-3753, К-9373, К-9571, К-9598, К-9701, К-9719, К-9720, К-9749, К-9805, К-10284, К-10286, К-10289, К-10349, К-1035, Кормовое 2606 55к, Кормовое 2020 054/2, Кормовое 2528 g.060/3), отандық коллекциядан 10 сорт (Яркое 7, Яркое 5, Омское 11, Кормовое 89, Павлодарское, Золотистое кормовое, Кормовое просо, Шортандинское 10, Шортандинское 11 и Павлодарское 4) және 19 үлгі (Ames 11555, Ames 11641, PI 163300, PI 365844, PI 654404, PI 170591, Ames 11680, PI 177481, PI 204598, PI 649374, PI 202294, PI 251404, PI 269960, PI 367684, PI 531423, PI 289329, PI 260053, PI 346933, PI 346945) шетелдік коллекциядан іріктелді. Іріктеліп алынған құнды генотиптер тары қаракүйесіне төзімділікке бағытталған селекциялық жұмыстарға енгізіледі.

Кілт сөздер: тары, генқоры, қаракүйе, скрининг, төзімділік, инфекциялық фон, изоляттар, генотип, селекциялық үрдіс.

SCREENING OF THE GENPLASME OF PROSO MILLET (*Panicum miliaceum L.*) BY RESISTANCE TO SMUT DISEASE IN BREEDING FOR IMMUNITY

E.N.¹Dyussibayeva, PhD

A.B.¹Rysbekova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

A.E.¹Zhakenova, PhD student

I.A.¹Zhirnova, PhD student

Yin-Gang Hu²

*"S. Seifullin Kazakh Agro Technical University ", Nur-Sultan, Zhenis avenue
elmira_dyusibaeva@mail.ru*

*²State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, College of Agronomy,
Northwest A&F University, Yangling, 712100, Shaanxi, P. R. China.*

Abstract

This article shows data on the study of the stability of collection material using a specially created infectious background. As a result of the screening, valuable varieties and samples were selected: 36 samples from the VIR collection (K-35, K-803, K-806, K-1437, K-6314, K-6619, K-1942, K-1985, K-2236, K-2374, K-2493, K-2526, K-2742, K-5786, K-6602, K-3664, K-3690, K-3697, K-3751, K-3753, K-9373, K-9571, K-9598, K-9701, K-9719, K-9720, K-9749, K-9805, K-10284, K-10286, K-10289, K-10349, K-1035, Kormovoe 2606 55к, Kormovoe 2020 054/2, Kormovoe 2528 g.060/3), 10 varieties (Yarkoe 7, Yarkoe 5, Omskoe 11, Kormovoe 89, Pavlodarskoe, Zolotistoe fodder, Forage millet, Shortandinskoe 10, Shortandinskoe 11 and Pavlodarskoe 4) from the domestic collection and 19 samples (Ames 11555, Ames 11641, PI 163300, PI 365844, PI 654404, PI 170591, Ames 11680, PI 177481, PI 204598, PI 649374, PI 202294, PI 251404, PI 269960, PI 367684, PI 531423, PI 289329, PI 260053, PI 346933, PI 346945) from the foreign collection. The isolated valuable genotypes will be introduced into the breeding program for resistance to millet head smut.

Key words: millet, geneplasma, smut, screening, resistance, infectious background, isolates, genotype, breeding process.