

Продуктивность проса посевного (*Panicum miliaceum*) различного эколого-географического происхождения в условиях Акмолинской области

Э. Н. Дюсибаева¹, А. Б. Рысбекова[✉], И. А. Жирнова¹, А. Е. Жакенова¹, А. И. Сейтхожаев¹

¹ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан

✉ E-mail: aiman_rb@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования. Создание высокопродуктивных и устойчивых к неблагоприятным факторам среды сортов является одним из важнейших направлений селекции растений. Высокий урожай обеспечивается развитием основных элементов структуры урожая растения. Для повышения эффективности селекционной работы большое значение имеет изучение разнообразного исходного материала. **Цель исследования** – изучение хозяйственно-ценных признаков коллекционных сортов и образцов проса различного эколого-географического происхождения в условиях сухостепной зоны Северного Казахстана. **Материалы и методы исследования.** Посевные работы были проведены на полях НПЦ ЗХ им. А. И. Бараева, расположенного в Акмолинской области в подзоне засушливой степи на южном карбонатном черноземе. На посевах проводили фенологические наблюдения и полевые оценки согласно методике полевого опыта. Материалом для исследования служили сорта и образцы проса различного происхождения. **Результаты.** В результате структурного анализа за 2018–2019 гг. отобран ряд сортов и образцов проса как по отдельным хозяйственно-ценным признакам (сорта Шортандинское 7, Шортандинское 10, Шортандинское 11, Павлодарское, Павлодарское 4, Яркое 5, Яркое 6, Яркое 7, Памяти Берсиева, Кормовое 89, Барнаульское кормовое, Кормовое просо, Уральское 109, Актюбинское кормовое, Кокчетавское 66, Абаканское кормовое; образцы К-3742, К-5786, К-3137), так и по их комплексу: Омское 11, Павлодарское, Барнаульское кормовое, Уральское 109. Стабильная урожайность в контрастные по погодным условиям годы отмечена у сортов Омское 11 и Уральское 109. **Научная новизна.** В сухостепной зоне Акмолинской области в контрастные по погодным условиям годы выявлены наиболее ценные образцы с максимальной продуктивностью. Установлена прямая корреляционная связь между массой 1000 семян в метелках и средней урожайностью сортов и образцов проса. Выделенные генотипы представляют наибольший интерес для использования в селекционных программах на урожайность.

Ключевые слова: просо, коллекция, структурный анализ, селекция, хозяйственно-ценные признаки, продуктивность, высокая урожайность.

Для цитирования: Дюсибаева Э. Н., Рысбекова А. Б., Жирнова И. А., Жакенова А. Е., Сейтхожаев А. И. Продуктивность проса посевного (*Panicum miliaceum*) различного эколого-географического происхождения в условиях Акмолинской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 04 (195). С. ... DOI: ...

Дата поступления статьи: 26.03.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Просо обыкновенное (*Panicum miliaceum* L.) – ценная крупная культура, которая широко выращивается в Индии, Непале, Западной Бирме, Шри-Ланке, Пакистане и странах Юго-Восточной Азии [1, с. 1], [2, с. 22], [3, с. 332], [4, с. 1], [5, с. 1]. Просо можно высевать на зеленый корм и сено, использовать как страховую культуру для пересева погибших озимых или ранних яровых культур [6, с. 411], а также как источник получения ценного продукта – пшена (просяной крупы) [7, с. 357]. Просо – одна из самых засухоустойчивых и жаростойких растений, способная противостоять запалам и захватам, что весьма важно для засушливых районов и в засушливые годы, когда урожай других зерновых сильно снижается [8, с. 852]. Однако урожайность проса остается на низком уровне, она сильно колеблется по годам и зависит от погодных условий [9, с. 223]. В последние годы его посева в Казахстане занима-

ли 260–400 тыс. га. Основные площади возделывания проса расположены в Павлодарской, Западно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской, Костанайской областях. Средняя урожайность зерна проса составляет 3,6–4,5 ц/га, в передовых хозяйствах Павлодарской, Восточно-Казахстанской областей получают от 7,5–9,1 до 12–14,5 ц/га [10, с. 52]. Такая урожайность не соответствует потенциальным возможностям этой культуры. Успешное решение этой задачи может быть обеспечено при создании и внедрении в производство новых, более продуктивных сортов с повышенным адаптивным потенциалом [11, с. 154]. Урожайность является важнейшим критерием при оценке хозяйственной ценности сортов и образцов проса. В связи с этим селекция на данный признак является приоритетным направлением при создании новых сортов этой культуры [12, с. 36]. Целью работы было проведение исследований, направленных на изучение сортов и образцов проса по эле-

менам структуры продуктивности и выявление ценных форм, которые имеют большое теоретическое и практическое значение в селекционных программах этой важной сельскохозяйственной культуры.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на экспериментальных полях ТОО «Научно-производственный

центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева» в отделе селекции крупяных культур, расположенного в Акмолинской области. Материалом для исследования служили сорта и образцы проса различного происхождения. В качестве стандарта использовали сорт Саратовское 6, допущенный к возделыванию в данном регионе.

Таблица 1
Сорта и образцы проса, отобранные по массе зерен с метелки

Название генотипа	Происхождение	Масса зерен с метелки, г		
		2018	2019	Среднее
Саратовское 6 St.	Россия	4,8	0,86	2,83
Актюбинское кормовое	Казахстан	2,4	0,99	1,69
Памяти Берсиева	Казахстан	3,2	0,95	2,07
Павлодарское 4	Казахстан	2,1	1,43	1,76
Яркое 5	Казахстан	1,9	0,98	1,44
Яркое 6	Казахстан	3,4	0,92	2,16
Яркое 7	Казахстан	3,0	0,93	1,96
Омское 11	Россия	1,8	1,33	1,56
Кормовое 89	Казахстан	3,1	1,15	2,12
Кокчетавское 66	Казахстан	2,6	0,81	1,70
Павлодарское	Казахстан	3,3	1,48	2,39
Барнаульское кормовое	Россия	3,0	1,73	2,36
Кормовое просо	Казахстан	2,8	1,34	2,07
Абаканское кормовое	Россия	1,0	0,34	0,67
Шортандинское 7	Казахстан	3,8	0,96	2,38
Уральское 109	Россия	2,5	1,84	2,17
Шортандинское 10	Казахстан	1,3	1,23	1,26
Шортандинское 11	Казахстан	2,4	0,94	1,67
К-3742	Казахстан	2,1	0,49	1,29
К-5786	Казахстан	2,3	1,22	1,76
К-3137	Россия	2,6	1,10	1,85

Table 1
Proso millet varieties and samples, selected by weight of grains per panicle

Genotype	Origin	Grain mass per panicle, g		
		2018	2019	Average
<i>Saratovskoe 6 St.</i>	<i>Russia</i>	<i>4.8</i>	<i>0.86</i>	<i>2.83</i>
<i>Aktobinskoe kormovoe</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.4</i>	<i>0.99</i>	<i>1.69</i>
<i>Pamyati Bersieva</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.2</i>	<i>0.95</i>	<i>2.07</i>
<i>Pavlodarskoe 4</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.1</i>	<i>1.43</i>	<i>1.76</i>
<i>Yarkoe 5</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>1.9</i>	<i>0.98</i>	<i>1.44</i>
<i>Yarkoe 6</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.4</i>	<i>0.92</i>	<i>2.16</i>
<i>Yarkoe 7</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.0</i>	<i>0.93</i>	<i>1.96</i>
<i>Omskoe 11</i>	<i>Russia</i>	<i>1.8</i>	<i>1.33</i>	<i>1.56</i>
<i>Kormovoe 89</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.1</i>	<i>1.15</i>	<i>2.12</i>
<i>Kokchetavskoe 66</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.6</i>	<i>0.81</i>	<i>1.70</i>
<i>Pavlodarskoe</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.3</i>	<i>1.48</i>	<i>2.39</i>
<i>Barnaulskoe kormovoe</i>	<i>Russia</i>	<i>3.0</i>	<i>1.73</i>	<i>2.36</i>
<i>Kormovoe proso</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.8</i>	<i>1.34</i>	<i>2.07</i>
<i>Abakanskoe kormovoe</i>	<i>Russia</i>	<i>1.0</i>	<i>0.34</i>	<i>0.67</i>
<i>Shortandinskoe 7</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>3.8</i>	<i>0.96</i>	<i>2.38</i>
<i>Ural'skoe 109</i>	<i>Russia</i>	<i>2.5</i>	<i>1.84</i>	<i>2.17</i>
<i>Shortandinskoe 10</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>1.3</i>	<i>1.23</i>	<i>1.26</i>
<i>Shortandinskoe 11</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.4</i>	<i>0.94</i>	<i>1.67</i>
<i>K-3742</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.1</i>	<i>0.49</i>	<i>1.29</i>
<i>K-5786</i>	<i>Kazakhstan</i>	<i>2.3</i>	<i>1.22</i>	<i>1.76</i>
<i>K-3137</i>	<i>Russia</i>	<i>2.6</i>	<i>1.10</i>	<i>1.85</i>

Коллекции были посеяны в коллекционном питомнике. Осенью проводилась обработка почвы на глубину 25–27 см, весной – ранневесеннее боронование, выравнивание почвы с последующими двумя предпосевными культивациями. Посев коллекции проводился ручным способом 26 мая, площадь делянки – 1 м², расположение делянок систематическое. Учетные площадки (0,5 м²) после появления всходов на делянках контрольного питомника и конкурсного сортоиспытания закрепляли для определения полевой всхожести и сохранности растений к уборке. Анализ структуры урожая проводили по 25 растениям проса, выделенным из снопового образца с учетных площадок. Отобранные растения из коллекционного питомника анализировали по морфологическим признакам, продуктивности метелки, массе 1000 зерен, высоте растений, длине метелки. На посевах проводили фенологические наблюдения и полевые оценки согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) и Методике полевого опыта [13, с. 187]. Статистическую обработку данных осуществляли по средним значениям числа зерен в метелке с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Величина урожая является результатом продуктивности растений и устойчивости их к неблагоприятным факторам среды. Причина в том, что продуктивность основана на высокой интенсивности синтетических процессов, а высокая стрессовая устойчивость, напротив, имеет обратную зависимость от интенсивности этих процессов. Эти две стороны вопроса не поддаются сочетанию в одном генотипе. Чем больше энергетических ресурсов растение

тратит на формирование урожая, тем меньше их остается на поддержание экологической устойчивости. Продуктивность проса – это показатель, который в полной мере отражает все биологические особенности сорта по отношению к условиям возделывания.

Изучение коллекции проса в контрастные по погодным условиям годы позволило всесторонне оценить материал и выявить наиболее ценные образцы с максимальной продуктивностью.

В 2018 г. влагообеспеченность и температурный режим были более благоприятны для развития растений, сумма осадков за вегетационный период составила 200,5 мм, а 2019 г. характеризовался повышенным температурным режимом летом, недобором осадков в период вегетации и составил лишь 82,0 мм осадков, тогда как среднее многолетнее количество составляет 136,3 мм. В условиях резко континентального климата Северного Казахстана важно подобрать для возделывания сорта проса, которые в меньшей степени зависят от погодных условий года. В связи с этим были проведены исследования коллекции сортов и образцов проса для отбора ценных форм, которые в дальнейшем будут включены в селекционный процесс.

Высокий урожай обеспечивается наилучшим развитием основных элементов структуры урожая растений. Масса зерна с метелки является одним из важнейших количественных признаков сорта. Этот признак может изменяться в зависимости от агрофона, густоты стояния растений, условий среды и от сортовой особенности генотипа. При сравнении показателя массы зерен с метелки по годам можно сделать вывод, что данный показатель умеренно снижался, однако среди них удалось выделить со-

Таблица 2
Генотипы, отобранные по количеству зерен с главной метелки

Название генотипа	Озерненность метелки, шт.		
	2018	2019	Среднее
Саратовское 6 St.	657,0	202,0	429,5
Актюбинское кормовое	512,5	213,0	362,7
Памяти Берсиева	276,8	178,0	227,4
Павлодарское 4	206,2	163,0	184,6
Яркое 5	407,0	202,1	304,5
Яркое 6	361,0	154,0	257,5
Яркое 7	259,0	146,0	202,5
Омское 11	422,0	187,0	304,5
Кормовое 89	351,0	163,0	257,0
Кокчетавское 66	418,9	225,0	321,9
Павлодарское	374,0	290,0	332,0
Барнаульское кормовое	383,3	259,0	321,1
Кормовое просо	141,0	515,0	328,0
Абаканское кормовое	497,0	156,0	326,5
Шортандинское 7	318,0	297,1	307,5
Уральское 109	190,8	202,0	196,4
Шортандинское 10	266,8	268,2	267,4
Шортандинское 11	247,0	115,0	181,0
К-3742	486,3	266,0	376,1
К-5786	366,3	248,0	307,1
К-3137	431,0	221,0	326,0

Table 2
Genotypes selected by the number of grains from the main panicle

Genotype	Paniceiness of the panicle, pcs.		
	2018	2019	Average
Saratovskoe 6 St.	657.0	202.0	429.5
Aktobinskoe kormovoe	512.5	213.0	362.7
Pamyati Bersieva	276.8	178.0	227.4
Pavlodarskoe 4	206.2	163.0	184.6
Yarkoe 5	407.0	202.1	304.5
Yarkoe 6	361.0	154.0	257.5
Yarkoe 7	259.0	146.0	202.5
Omskoe 11	422.0	187.0	304.5
Kormovoe 89	351.0	163.0	257.0
Kokchetavskoe 66	418.9	225.0	321.9
Pavlodarskoe	374.0	290.0	332.0
Barnaulskoe kormovoe	383.3	259.0	321.1
Kormovoe proso	141.0	515.0	328.0
Abakanskoe kormovoe	497.0	156.0	326.5
Shortandinskoe 7	318.0	297.1	307.5
Ural'skoe 109	190.8	202.0	196.4
Shortandinskoe 10	266.8	268.2	267.4
Shortandinskoe 11	247.0	115.0	181.0
K-3742	486.3	266.0	376.1
K-5786	366.3	248.0	307.1
K-3137	431.0	221.0	326.0

Таблица 3
Сорта и образцы проса,
отобранные по массе 1000 зерен

Название генотипа	Масса 1000 зерен, г		
	2018	2019	Среднее
Саратовское 6 St.	7,3	6,3	6,8
Актюбинское кормовое	4,9	3,0	3,9
Памяти Берсиева	6,2	4,6	5,4
Павлодарское 4	7,5	5,3	6,4
Яркое 5	9,2	5,7	7,4
Яркое 6	8,3	6,5	7,4
Яркое 7	8,3	5,8	7,0
Омское 11	6,9	6,4	6,6
Кормовое 89	7,3	5,9	6,6
Кокчетавское 66	7,4	4,9	6,1
Павлодарское	7,8	6,3	7,0
Барнаулское кормовое	8,0	6,6	7,3
Кормовое просо	7,3	5,3	6,3
Абаканское кормовое	7,0	3,0	5,0
Шортандинское 7	7,6	5,5	6,5
Уральское 109	7,8	6,3	7,0
Шортандинское 10	6,8	5,9	6,3
Шортандинское 11	8,9	4,9	6,9
К-3742	8,5	4,2	6,3
К-5786	6,2	4,0	5,1
К-3137	6,0	4,7	5,3

ротообразцы, масса зерен с метелки которых не изменялась в зависимости от условий: Шортандинское 10, Омское 11 (таблица 1).

Из полученных данных видно, что все выделившиеся сортообразцы относятся к отечественной и российской селекции. При проведении селекционных работ на качество зерна важным показателем является озерненность метелки, степень варьирования которой по отдельным сортообразцам довольно значительна (таблица 2).

За период исследования число зерен в метелке изучаемых образцов в среднем варьирует от 181,0 до 429,5 шт. Повышенную озерненность метелок имели образцы Яркое 5 (304,5 шт.), Омское 11 (304,5 шт.), К-5786 (307,1 шт.), Шортандинское 7 (307,5 шт.), Барнаулское кормовое (321,1 шт.), Кокчетавское 66 (321,9 шт.), К-3137 (326,0 шт.), Абаканское кормовое (326,5 шт.), Кормовое просо (328,0 шт.), Павлодарское (332,0 шт.) при озерненности стандарта сорта Саратовское 6 – 429,5 шт. Также следует отметить сорт проса Шортандинское 10, озерненность которого не изменилась по годам.

Отмечены существенные различия образцов по массе 1000 зерен – одному из основных элементов структуры урожая. В процессе изучения более крупнозерным по сравнению со стандартным сортом Саратовское 6 (6,8 г) оказалось зерно у сортов Яркое 5, Яркое 6, Яркое 7, Барнаулское кормовое, Павлодарское, Уральское 109, которые из всех изучаемых образцов имели наибольшую массу 1000 зерен (7,0–7,4 г) (таблица 3).

При оценке влияния условий года на массу 1000 семян выделились сорта Омское 11 и Уральское 109, в данных образцах не наблюдалось резких изменений по годам, что говорит об адаптивной способности данных сортов.

Table 3
Proso millet varieties and samples, selected
by 1000 grain weight

Genotype	1000 grain weight, g		
	2018	2019	Average
<i>Saratovskoe 6 St.</i>	7.3	6.3	6.8
<i>Aktobinskoe kormovoe</i>	4.9	3.0	3.9
<i>Pamyati Bersieva</i>	6.2	4.6	5.4
<i>Pavlodarskoe 4</i>	7.5	5.3	6.4
<i>Yarkoe 5</i>	9.2	5.7	7.4
<i>Yarkoe 6</i>	8.3	6.5	7.4
<i>Yarkoe 7</i>	8.3	5.8	7.0
<i>Omskoe 11</i>	6.9	6.4	6.6
<i>Kormovoe 89</i>	7.3	5.9	6.6
<i>Kokchetavskoe 66</i>	7.4	4.9	6.1
<i>Pavlodarskoe</i>	7.8	6.3	7.0
<i>Barnaulskoe kormovoe</i>	8.0	6.6	7.3
<i>Kormovoe proso</i>	7.3	5.3	6.3
<i>Abakanskoe kormovoe</i>	7.0	3.0	5.0
<i>Shortandinskoe 7</i>	7.6	5.5	6.5
<i>Ural'skoe 109</i>	7.8	6.3	7.0
<i>Shortandinskoe 10</i>	6.8	5.9	6.3
<i>Shortandinskoe 11</i>	8.9	4.9	6.9
<i>K-3742</i>	8.5	4.2	6.3
<i>K-5786</i>	6.2	4.0	5.1
<i>K-3137</i>	6.0	4.7	5.3

Полученные результаты полевой оценки урожайных свойств сортообразцов проса показали, что при более благоприятных условиях развития в 2018 г. наиболее урожайными были сорта Шортандинское 7 (147,2 г/м²), Уральское 109 (152,1 г/м²), Яркое 6 (156,1 г/м²), Омское 11 (165,1 г/м²) (таблица 4).

Наибольшая средняя продуктивность (90,4–124,7 г/м²) отмечена у сортов Омское 11, Уральское 109, Барнаулское кормовое, Яркое 6, Шортандинское 7, которые были близки к сорту стандарту Саратовское 6 (140,1 г/м²). Продуктивная кустистость в 2019 году находилась на уровне 1,0–1,2, практически у всех образцов кустистость была на уровне стандарта 1,1. Продуктивная кустистость 1,2 отмечена у сортов Павлодарское, Актюбинское кормовое, Яркое 6 и образца К-5786 (таблица 5).

В ходе изучения коллекции проса выделен ряд сортообразцов проса как по отдельным хозяйственно-ценным признакам, так и по их комплексным показателям. Отобранные генотипы рекомендуются в качестве ценных источников для дальнейшей в селекции на повышение продуктивности проса.

Оценка растений по взаимосвязи между различными хозяйственно-ценными признаками необходима в селекционной работе, так как позволяет оптимизировать процесс на ранних этапах [14, с. 1015], [15, с. 452]. Для более продуктивного процесса создания исходного материала в селекции необходимо выявить корреляционные зависимости между признаками и, установив наиболее прочные связи, вести дальнейшую работу [16, с. 333]. В работе была изучена взаимосвязь элементов структуры метелки, корреляция показателей озерненности и массы 1000 семян (рис. 1).

Таблица 4
Урожайность зерна коллекции проса

Название генотипа	Урожайность, г/м ²			Отклонение от стандарта, г/м ²
	2018	2019	Среднее	
Саратовское 6 St.	245,9	34,4	140,1	–
Актюбинское кормовое	77,9	29,9	53,9	–86,2
Памяти Берсиева	140,5	34,7	87,6	–52,5
Павлодарское 4	68,0	35,3	51,6	–88,5
Яркое 5	117,2	33,6	75,4	–64,7
Яркое 6	156,1	27,6	91,8	–48,3
Яркое 7	51,9	20,3	36,1	–104,0
Омское 11	165,1	36,1	100,6	–39,5
Кормовое 89	136,9	26,9	81,9	–58,2
Кокчетавское 66	95,7	20,8	58,2	–81,9
Павлодарское	126,4	46,1	86,2	–53,9
Барнаульское кормовое	119,3	62,0	90,6	–49,5
Кормовое просо	72,3	19,1	45,7	–94,4
Абаканское кормовое	24,3	13,2	18,7	–121,4
Шортандиское 7	147,2	33,6	90,4	–49,7
Уральское 109	152,1	97,3	124,7	–15,4
Шортандинское 10	45,4	43,9	44,6	–95,5
Шортандинское 11	67,3	36,2	51,7	–88,4
К-3742	47,7	16,1	31,9	–108,2
К-5786	106,0	34,2	70,1	–70,0
К-3137	52,4	33,0	42,7	–97,4

Table 4
Yield of proso millet collection

Genotype	Productivity, g/m ²			Deviation from the standard, g/m ²
	2018	2019	Average	
<i>Saratovskoe 6 St.</i>	245.9	34.4	140.1	–
<i>Aktobinskoe kormovoe</i>	77.9	29.9	53.9	–86.2
<i>Pamyati Bersieva</i>	140.5	34.7	87.6	–52.5
<i>Pavlodarskoe 4</i>	68.0	35.3	51.6	–88.5
<i>Yarkoe 5</i>	117.2	33.6	75.4	–64.7
<i>Yarkoe 6</i>	156.1	27.6	91.8	–48.3
<i>Yarkoe 7</i>	51.9	20.3	36.1	–104.0
<i>Omskoe 11</i>	165.1	36.1	100.6	–39.5
<i>Kormovoe 89</i>	136.9	26.9	81.9	–58.2
<i>Kokchetavskoe 66</i>	95.7	20.8	58.2	–81.9
<i>Pavlodarskoe</i>	126.4	46.1	86.2	–53.9
<i>Barnaulskoe kormovoe</i>	119.3	62.0	90.6	–49.5
<i>Kormovoe proso</i>	72.3	19.1	45.7	–94.4
<i>Abakanskoe kormovoe</i>	24.3	13.2	18.7	–121.4
<i>Shortandinskoe 7</i>	147.2	33.6	90.4	–49.7
<i>Ural'skoe 109</i>	152.1	97.3	124.7	–15.4
<i>Shortandinskoe 10</i>	45.4	43.9	44.6	–95.5
<i>Shortandinskoe 11</i>	67.3	36.2	51.7	–88.4
<i>K-3742</i>	47.7	16.1	31.9	–108.2
<i>K-5786</i>	106.0	34.2	70.1	–70.0
<i>K-3137</i>	52.4	33.0	42.7	–97.4

Таблица 5
Генотипы проса, отобранные по комплексу ценных признаков

Название генотипа	Высота растений, см	Высота метелки, см	Масса зерен с метелки, г	Масса семян с метелки, г	Масса 1000 семян, г	Продуктивная кустистость, шт.	Урожайность г/м ²
Саратовское 6 St.	63	15	429,5	2,83	6,8	1,1	140,1
Омское 11	53	15	304,5	1,56	6,6	1,0	100,6
Павлодарское	58	18	332,0	2,39	7,0	1,2	86,2
Барнаульское кормовое	76	28	321,1	2,36	7,3	1,1	90,6
Уральское 109	70	18	196,4	2,17	7,0	1,1	124,7
Шортандинское 10	72	19	267,4	1,26	7,0	1,1	44,6

Table 5
Proso millet genotypes selected by valuable traits

Genotype	Plant height, cm	Panicle height, cm	Weight of grains per panicle, g	Seed weight per panicle, g	1000 grain weight, g	Productive tillering, pcs.	Productivity g/m ²
<i>Saratovskoe 6 St.</i>	63	15	429.5	2.83	6.8	1.1	140.1
<i>Omskoe 11</i>	53	15	304.5	1.56	6.6	1.0	100.6
<i>Pavlodarskoe 4</i>	58	18	332.0	2.39	7.0	1.2	86.2
<i>Barnaulskoe kormovoe</i>	76	28	321.1	2.36	7.3	1.1	90.6
<i>Ural'skoe 109</i>	70	18	196.4	2.17	7.0	1.1	124.7
<i>Shortandinskoe 10</i>	72	19	267.4	1.26	7.0	1.1	44.6

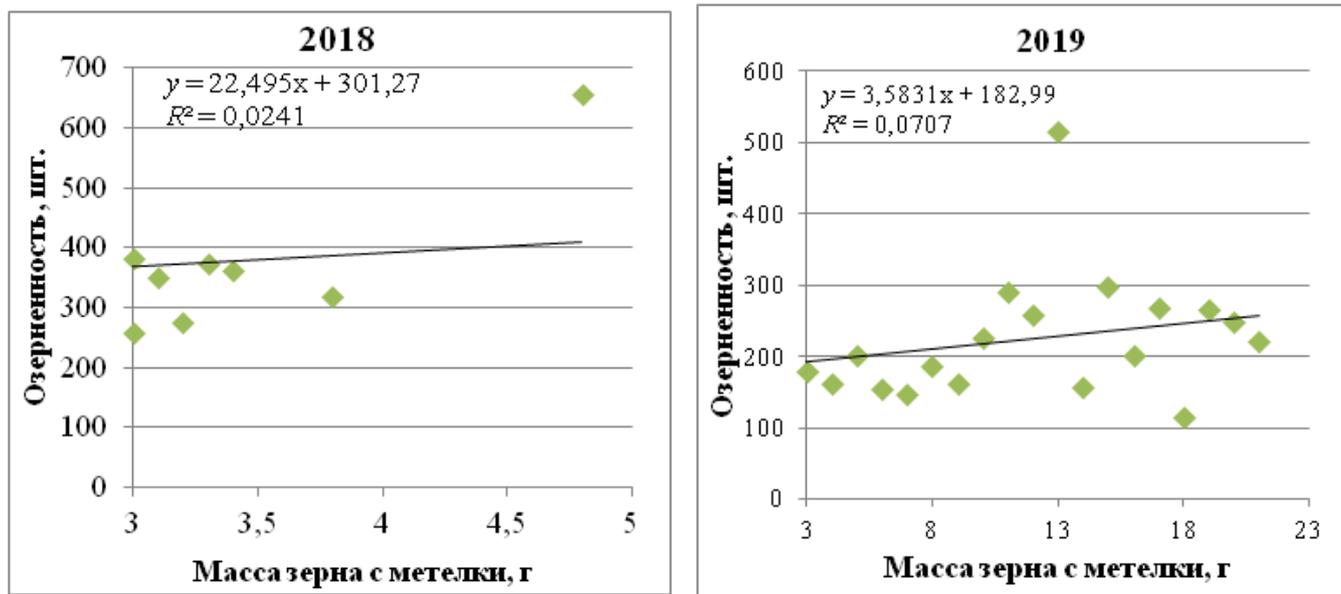


Рис. 1. Корреляционная зависимость между озерненностью и массой зерна с метелки

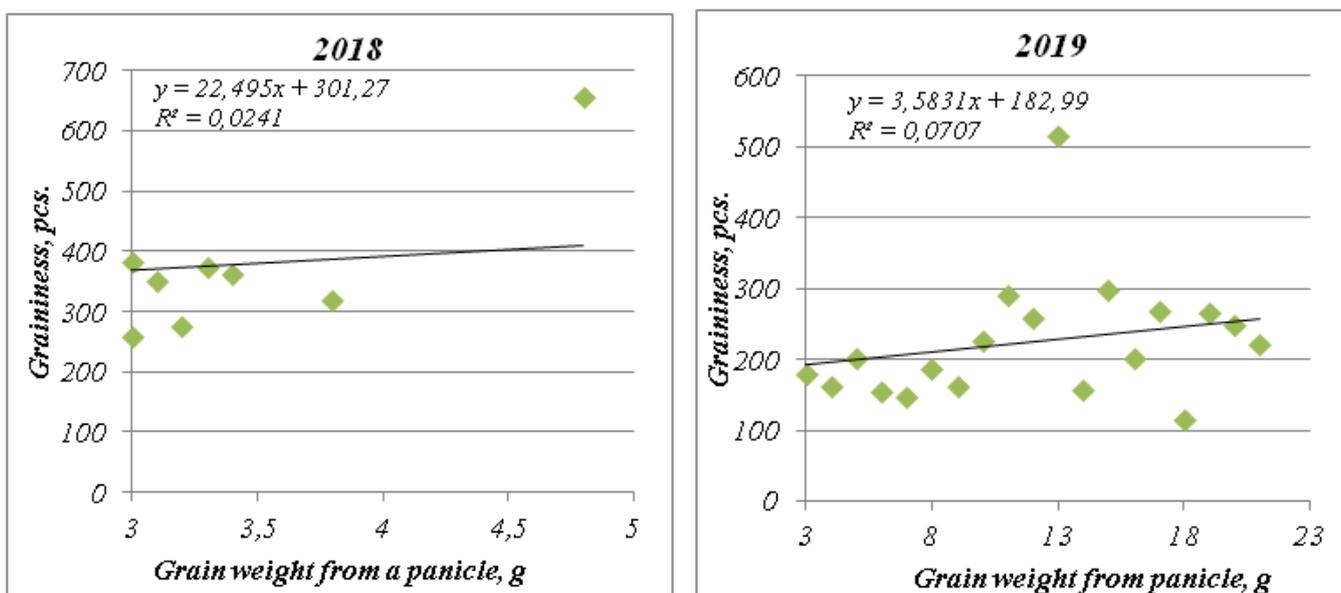


Fig. 1. Correlation between graininess and grain weight from a panicle

Отмечена достоверная положительная слабая корреляционная связь озерненности с массой зерна метелки по годам: $r^2 = 0,024$ и $r^2 = 0,07$ соответственно. Урожайность зерна также слабо коррелировала с массой 1000 семян в метелке, коэффициент корреляции между этими признаками в 2018 г. составил $r^2 = 0,003$, в 2019 г. $r^2 = 0,22$, что указывает на целесообразность отбора на урожайность зерна на основе признака «масса 1000 семян» (рис. 2).

Таким образом, в результате наших исследований установлена слабая отрицательная корреляционная связь озерненности с массой зерна метелки и урожайностью зерна с массой 1000 семян. Полученные данные корреляционного анализа различных хозяйственно-ценных признаков друг на друга, могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе по созданию новых сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, по итогам двухлетних исследований из 115 образцов и сортов выделены по отдельным ценным хозяйственным признакам: по продуктивной кусти-

стости – сорта Павлодарское, Яркое 6 и образец К-5786; по массе главной метелки – сорта Шортандинское 7, Павлодарское, Яркое 6, Памяти Берсиева, Кормовое 89, Барнаульское кормовое, Кормовое просо, Уральское 109; по озерненности метелки – Актюбинское кормовое, Памяти Берсиева, Павлодарское 4, Яркое 5, Яркое 6, Яркое 7, Омское 11, Кормовое 89, Кокчетавское 66, Павлодарское, Барнаульское кормовое, Кормовое просо, Абаканское кормовое, Уральское 109, Шортандинское 10, Шортандинское 11, К-3742, К-5786, К-3137 Шортандинское 7, Павлодарское; по крупнозерности зерен – Яркое 5, Яркое 6, Яркое 7, Павлодарское, Барнаульское кормовое, Уральское 109. Установлена прямая корреляционная связь между массой 1000 зерен в метелках и средней урожайностью сортов и образцов проса, что указывает на эффективность отбора по числу зерен с метелки. Вовлечение в селекционную работу наиболее ценных генетических источников, с высоким развитием того или иного хозяйственно-ценного признака, дает возможность получения высокопродуктивных и качественных сортов проса.

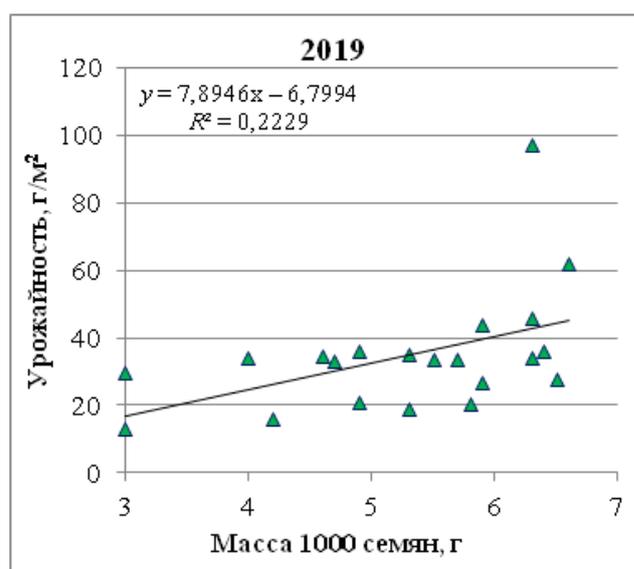
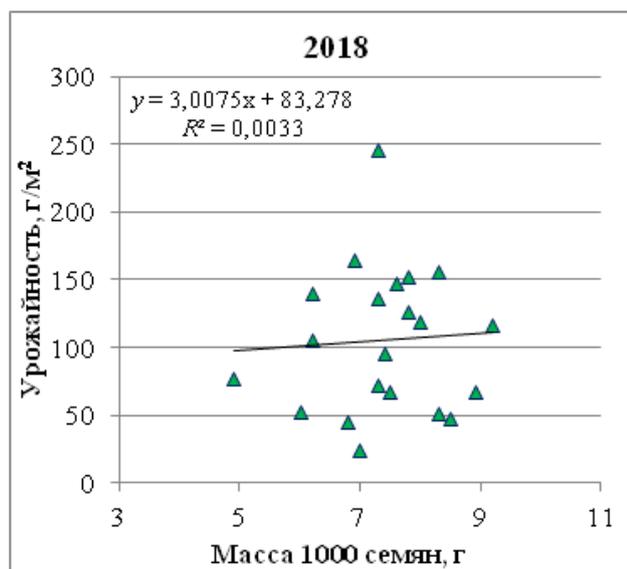


Рис. 2. Корреляционная зависимость между урожайностью и массой 1000 семян

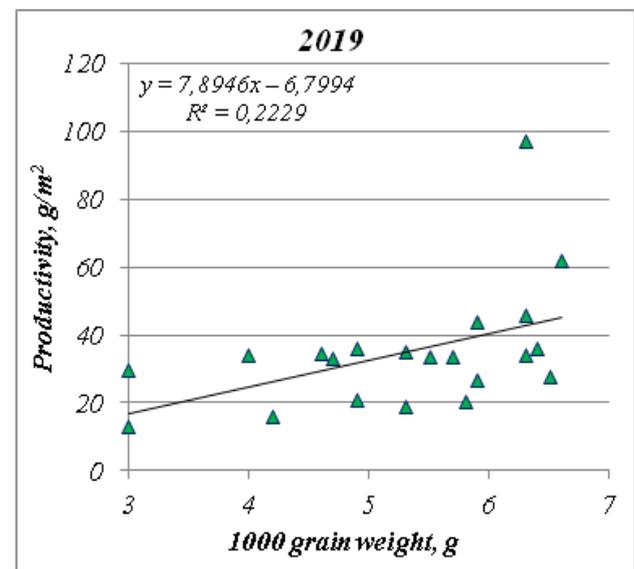
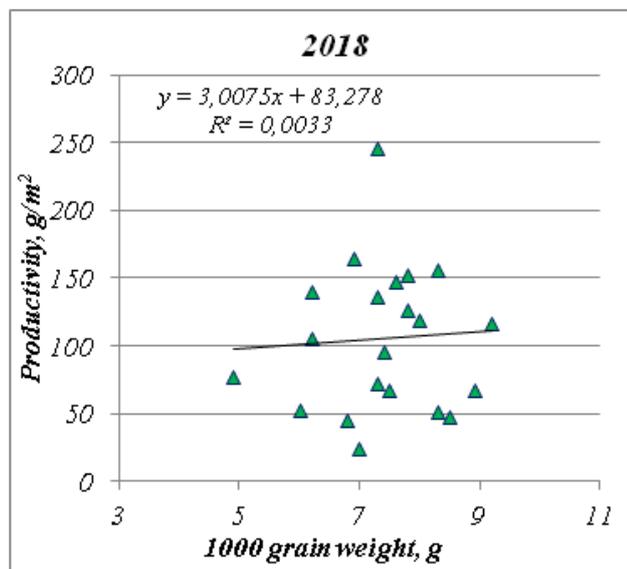


Fig. 2. Correlation between productivity and 1000 grain weight

Библиографический список

1. Habiyaemye C., Matanguihan J. B., Guedes J. D., Ganjyal G. M., Whiteman M. R., Kidwell K. K., Murphy K. M. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, US: a review // *Front Plant Sci.* 2017. No. 7. Pp. 1–17.
2. Trivedi A. K., Arya L., Verma M., Verma S. K., Tyagi R. K., Hemantaranjan A. Genetic variability in proso millet [*Panicum miliaceum*] germplasm of Central Himalayan Region based on morpho-physiological traits and molecular markers // *Acta Physiol Plant.* 2015. No. 37. P. 23.
3. Wang R., Hunt H. V., Qiao Z., Wang L., Han Y. Diversity and cultivation of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) in China: a review // *Econ Bot.* 2016. No. 70. Pp. 1–11.
4. Minxuan Liu, Yue Xu, Jihong He, Shuang Zhang, Yinyue Wang, Ping Lu. Genetic Diversity and Population Structure of Broomcorn Millet (*Panicum miliaceum* L.) Cultivars and Landraces in China Based on Microsatellite Markers // *International Journal of Molecular Sciences.* 2016. No. 17 (3): 370. Pp. 117–135.
5. Chander S., Bhat K. V., Kumari R., Sen S., Gaikwad A. B., Gowda M. V. C., Dikshit N. Analysis of spatial distribution of genetic diversity and validation of Indian foxtail millet core collection // *Physiol Mol. Biol. Plants.* 2017. No. 23. P. 663.
6. Dyusibaeva E. N., Esenbekova G. T., Zhirnova I. A., Rysbekova A. B., Makhmudova C. K., Seitkhozhaev A. I., Zhakenova A. E. Assessment of millet genetic variability using molecular-genetic approach for increasing the efficiency of breeding // *Eco. Env. & Cons.* 2019. Vol. 25 (1). Pp. 410–415.
7. McSweeney M. B., Seetharaman K., Ramdath D. D., Duizer L. M. Chemical and physical characteristics of proso millet (*Panicum miliaceum*) based products // *Cereal Chem.* 2017. No. 94. Pp. 357–362.
8. Dyusibayeva E., Seitkhozhaev A., Tleppeyeva A., Zhanbyrshina N., Babkenova S., Rysbekova A. Study of the millet varieties and samples with respect to resistance against dusty smut // *Ecology, Environment and Conservation. Eco. Env. & Cons.* 2017. Vol. 23. Pp. 852–858.

9. Santra D. K., Khound R., Das S. Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) Breeding: Progress, Challenges and Opportunities // *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. 2019. Pp. 223–257. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_6.
10. Екатеринбургская Е. М. Агроекология степной зоны. Методические указания. Костанай, 2016. 83 с.
11. Антимонов А. К., Антимонова О. Н., Сыркина Л. Ф., Косых Л. А. Интродуцирование новых генисточников проса посевного для селекции в условиях Среднего Поволжья // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 11-1. С. 154–157.
12. Тагирова Р. Т., Куркиев К. У., Агабалаев И. А. Оценка хозяйственно-ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Южного Дагестана // *Вестник социально-педагогического института*. 2014. № 4 (12). С. 35–42.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: АГРО Промиздат, 1985. 351 с.
14. Jyothsna S., Patro T. S., Rani Y. S., Neeraja B., Ashok S., Triveni U. Studies on genetic variability and interrelationship between grain yield and its components in foxtail millet (*Setaria italica*) // *Int. J. Agric. Sci.* 2016. No. 8 (5). Pp. 1015–1017.
15. Vetriventhan M., Upadhyaya H. D. Diversity and trait-specific sources for productivity and nutritional traits in the global proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm collection // *Crop. J.* 2018. No. 6. Pp. 451–463.
16. Wang R., Hunt H. V., Qiao Z., Wang L., Han Y. Diversity and Cultivation of Broomcorn Millet (*Panicum miliaceum* L.) in China: A Review // *Econ. Bot.* 2016. No. 70. Pp. 332–342.

Об авторах:

Эльмира Наврусбековна Дюсибаева¹, доктор философии (PhD) по специальности «Агрономия», ассистент кафедры земледелия и растениеводства, ORCID 0000-0002-5960-6328, AuthorID 57195609258; +7 707 635-82-33, elmira_dyusibaeva@mail.ru

Айман Бокеновна Рысбекова¹, кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры земледелия и растениеводства, ORCID 0000-0003-3716-7843, AuthorID 57193387371; +7 701 443-49-58, aiman_rb@mail.ru

Ирина Александровна Жирнова¹, магистр агрономии, PhD докторант кафедры земледелия и растениеводства, ORCID 0000-0003-1716-8793; AuthorID 571203111547; +7 701 360-83-86, ira777.89@mail.ru

Айым Ерболкызы Жакенова¹, магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры земледелия и растениеводства; ORCID 0000-0001-6880-0969; Author ID 57208920657; +7 775 131-92-11, aiym_92@mail.ru

Абилябашар Ильясович Сейтхожаев¹, доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и растениеводства; ORCID 0000-0002-1498-8879, AuthorID P-4943-2017; +7 702 526-77-59, abibashar44@mail.ru

Productivity of proso millet (*Panicum miliaceum*) of various ecological and geographical origin in the condition of Akmola region

E. N. Dyusibayeva¹, A. B. Rysbekova¹, I. A. Zhirnova¹, A. E. Zhakenova¹, A. I. Seitkhodzhayev¹

¹ Kazakh Agro-Technical University named after S. Seifullin, Nur-Sultan, Kazakhstan

✉ E-mail: aiman_rb@mail.ru

Abstract. Relevance of research. Creation of high productive and tolerant to adverse environmental factors varieties is one of the most important tasks of plant breeding. The high yield is ensured by the development of the basic elements of the plant's crop structure. To increase the efficiency of breeding work, the study of the initial material is of great importance. **The purpose of the study** is the study of economically valuable traits of proso millet of various ecological and geographical origin in the condition of dry steppe zone of Northern Kazakhstan. **Materials and research methods.** Phenological observations and field assessments were carried out on crops according to the field experiment methodology. The research material was varieties and samples of millet of various origin. **Results.** At the result of the structural analysis for 2018–2019 the number of varieties and samples of proso millet were selected as on separate economically valuable traits: varieties Shortandinskoe 7, Shortandinskoe 10, Shortandinskoe 11, Pavlodarskoe, Pavlodarskoe 4, Yarkoe 5, Yarkoe 6, Yarkoe 7, Pamyati Bersieva, Kormovoe 89, Barnaulskoe Kormovoe, Kormovoe proso, Ural'skoe 109, Aktybinskoe kormovoe, Kokchetavskoe 66, Abakanskoe kormovoe; samples: K-3742, K-5786, K-3137, and their complex traits: Omskoe 11, Pavlodarskoe, Barnaulskoe kormovoe, Ural'skoe 109. Stable yield in contrasting weather conditions by years was observed in varieties Omskoe 11 and Ural'skoe 109. **Scientific novelty.** In the dry-steppe zone of the Akmola region in contrasting weather conditions, the most valuable samples with maximum productivity were identified. Direct relationship has been established between the mass of 1000 seeds in panicles and the average yield of proso millet varieties and samples. Selected genotypes are of the greatest interest for using them in breeding programs for high productivity.

Keywords: proso millet, collection, structural analysis, selection, economically valuable traits, productivity, high yield.

For citation: Dyusibayeva E. N., Rysbekova A. B., Zhirnova I. A., Zhakenova A. E., Seitkhozhaev A. I. Produktivnost' prosa posevnogo (*Panicum miliaceum*) razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Akmolinskoy oblasti [Productivity of proso millet (*Panicum miliaceum*) of various ecological and geographical origin in the condition of Akmol region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 04 (195). Pp. ... DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 26.03.2020.

References

- Habiyaremye C., Matanguihan J. B., Guedes J. D., Ganjyal G. M., Whiteman M. R., Kidwell K. K., Murphy K. M. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, US: a review // *Front Plant Sci.* 2017. No. 7. Pp. 1–17.
- Trivedi A. K., Arya L., Verma M., Verma S. K., Tyagi R. K., Hemantaranjan A. Genetic variability in proso millet [*Panicum miliaceum*] germplasm of Central Himalayan Region based on morpho-physiological traits and molecular markers // *Acta Physiol Plant.* 2015. No. 37. P. 23.
- Wang R., Hunt H. V., Qiao Z., Wang L., Han Y. Diversity and cultivation of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) in China: a review // *Econ Bot.* 2016. No. 70. Pp. 1–11.
- Minxuan Liu, Yue Xu, Jihong He, Shuang Zhang, Yinyue Wang, Ping Lu. Genetic Diversity and Population Structure of Broomcorn Millet (*Panicum miliaceum* L.) Cultivars and Landraces in China Based on Microsatellite Markers // *International Journal of Molecular Sciences.* 2016. No. 17 (3): 370. Pp. 117–135.
- Chander S., Bhat K. V., Kumari R., Sen S., Gaikwad A. B., Gowda M. V. C., Dikshit N. Analysis of spatial distribution of genetic diversity and validation of Indian foxtail millet core collection // *Physiol Mol. Biol. Plants.* 2017. No. 23. P. 663.
- Dyusibaeva E. N., Esenbekova G. T., Zhirnova I. A., Rysbekova A. B., Makhmudova C. K., Seitkhozhaev A. I., Zhakenova A. E. Assessment of millet genetic variability using molecular-genetic approach for increasing the efficiency of breeding // *Eco. Env. & Cons.* 2019. Vol. 25 (1). Pp. 410–415.
- McSweeney M. B., Seetharaman K., Ramdath D. D., Duizer L. M. Chemical and physical characteristics of proso millet (*Panicum miliaceum*) based products // *Cereal Chem.* 2017. No. 94. Pp. 357–362.
- Dyusibayeva E., Seitkhozhaev A., Tleppayeva A., Zhanbyrshina N., Babkenova S., Rysbekova A. Study of the millet varieties and samples with respect to resistance against dusty smut // *Ecology, Environment and Conservation. Eco. Env. & Cons.* 2017. Vol. 23. Pp. 852–858.
- Santra D. K., Khound R., Das S. Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) Breeding: Progress, Challenges and Opportunities // *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals.* 2019. Pp. 223–257. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_6
- Ekaterinskaya E. M. Agrotsenozy stepnoy zony. Metodichetskie ukazaniya. [Agrocenoses of the steppe zone. Guidelines]. Kostanay, 2016. 83 p. (In Russian.)
- Antimonov A. K., Antimonova O. N., Syrkina L. F., Kosykh L. A. Introdutsirovanie novykh genistochnikov prosa posevnogo dlya seleksii v usloviyakh Srednego Povolzhya [Introduction the new genetics of seed millet for breeding in the Middle Volga] // *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk.* 2018. No. 11-1. Pp. 154–157. (In Russian.)
- Tagirova R. T., Kurkiev K. U., Agabalaev I. A. Otsenka khozyaystvenno-tsennykh priznakov sortov ozimoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Yuzhnogo Dagestana [Assessment of economically valuable traits of winter soft wheat varieties in the conditions of South Dagestan] // *Vestnik sotsialno-pedagogicheskogo instituta.* 2014. No. 4 (12). Pp. 35–42. (In Russian.)
- Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). [Methodology of field research (with the basics of statistical processing of research results)]. 5th edition, supplemented and revised. Moscow : AGRO Promizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)
- Jyothsna S., Patro T. S., Rani Y. S., Neeraja B., Ashok S., Triveni U. Studies on genetic variability and interrelationship between grain yield and its components in foxtail millet (*Setaria italica*) // *Int. J. Agric. Sci.* 2016. No. 8 (5). Pp. 1015–1017.
- Vetriventhan M., Upadhyaya H. D. Diversity and trait-specific sources for productivity and nutritional traits in the global proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm collection // *Crop. J.* 2018. No. 6. Pp. 451–463.
- Wang R., Hunt H. V., Qiao Z., Wang L., Han Y. Diversity and Cultivation of Broomcorn Millet (*Panicum miliaceum* L.) in China: A Review // *Econ. Bot.* 2016. No. 70. Pp. 332–342.

Authors' information:

Elmira N. Dyusibaeva¹, doctor of philosophy, specialty “Agronomy”, assistant of the department of agriculture and plant growing; ORCID 0000-0002-5960-6328, AuthorID 57195609258; +7 707 635-82-33, elmira_dyusibaeva@mail.ru
 Aiman B. Rysbekova¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of agriculture and plant growing; ORCID 0000-0003-3716-7843, AuthorID 57193387371; +7 701 443-49-58, aiman_rb@mail.ru
 Irina A. Zhirnova¹, master of agronomy, PhD student of the department of agriculture and plant growing; ORCID 0000-0003-1716-8793; AuthorID 571203111547; +7 701 360-83-86, ira777.89@mail.ru
 Aiyem E. Zhakenova¹, master of agronomy, assistant of the department of agriculture and plant growing; ORCID 0000-0001-6880-0969; AuthorID 57208920657; +7 775 131-92-11, aiym_92@mail.ru
 Abilbashaev I. Seitkhozhaev¹, doctor of biological sciences, professor, ORCID 0000-0002-1498-8879; AuthorID P-4943-2017; +7 702 526-77-59, abilbashaev44@mail.ru

¹ Kazakh Agro-Technical University named after S. Seifullin, Nur-Sultan, Kazakhstan