

**Рысбекова А.Б.¹, Дюсибаева Э.Н.², Жирнова И.А.³,
Есенбекова Г.Т.⁴, Сейтхожаев А.И.⁵, Жакенова А.Е.⁶**

¹кандидат биологических наук, ассоциированный профессор, e-mail: aiman_rb@mail.ru

²PhD, ассистент профессора, e-mail: elmira_dyusibaeva@mail.ru

³магистр агрономии, ассистент профессора, e-mail: ira777.89@mail.ru

⁴PhD, старший преподаватель, e-mail: gulzat_es@mail.ru

⁵доктор биологических наук, профессор, e-mail: abilbashar44@mail.ru

⁶магистр агрономии, ассистент профессора, e-mail: aiym_92@mail.ru

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Казахстан, г.Астана

**БИОХИМИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПРОСА
НА СОДЕРЖАНИЕ АМИЛОЗЫ В ЗЕРНЕ**

Содержание амилозы является наиболее важным биохимическим показателем качества зерна у зерновых культур. В работе представлены результаты биохимического скрининга на количественное содержание амилозы в зерне 112 образцов проса отечественной и мировой коллекции (Афганистан, Бельгия, Венгрия, КНР, Канада, Индия, Иран, Мексика, Пакистан, РФ, США, Турция, Украина, Франция). На основе полученных данных составлена условная классификация коллекции проса. Результаты показали, что исследованные нами образцы различались по содержанию амилозы и их количество варьировало от 5,5% до 34,90%. У отечественных образцов содержание амилозы колебалось от 14,6% до 34,8%. У образцов K-3742, PI 436626 (Lung Shu 18), PI 436625 (Lung Shu 16) и Ma zha Yan отмечено низкое содержание амилозы, которое в среднем варьировало от 5,5 до 5,9%. Отобранные образцы представляют ценный генетический материал для создания глютинозных сортов проса и будут вовлечены в дальнейшие селекционные работы. Согласно условной классификации установлено, что содержание амилозы было выше 25% (высокоамилозные) у 68% исследуемых образцов, 23% составили среднеамилозные группы (15-25%), и только 5% и 4% составили низкоамилозные (6-14%) и глютинозные (до 6%) группы, соответственно.

Ключевые слова: просо, коллекция, амилоза, скрининг, классификация.

**Rysbekova A.B.¹, Dusibaeva E.N.², Zhirnova I.A.³,
Esenbekova G.T.⁴, Seytkhozhaev A.I.⁵, Zhakenova A.Ye.⁶**

¹candidate of biological sciences, associate professor, e-mail: aiman_rb@mail.ru

²PhD, professor's assistant, e-mail: elmira_dyusibaeva@mail.ru

³master of science in agronomy, professor's assistant, e-mail: ira777.89@mail.ru

⁴PhD, senior lecturer, e-mail: gulzat_es@mail.ru

⁵doctor of biological sciences, professor, e-mail: abilbashar44@mail.ru

⁶master of science in agronomy, professor's assistant, e-mail: aiym.92_@mail.ru
S.Seifullin agrotechnical university, Kazakhstan, Astana

**Biochemical screening of the domestic and
world proso millet collection on the content of amilose in grain**

Amylose is the most important biochemical indicator of grain quality in cereals. In this research are presented the results of biochemical screening for the quantitative amylose content in grain of 112 proso millet samples domestic and world collections (Afghanistan, Belgium, Hungary, China, Canada, India, Iran, Mexico, Pakistan, Russia, USA, Turkey, Ukraine, France). On the basis of the obtained data was made conditional classification of proso millet collection on amylose content. The results of biochemi-

cal screening of proso millet genotypes showed that the studied samples have different by the amylose content and their number varied from 5.5 to 34.90%. In domestic samples the amylose content ranged from 14.6% to 34.8%. A low amylose content were shown samples K-3742, PI 436626 (Lung Shu 18), PI 436625 (Lung Shu 16) and Ma zha Yan, averaging from 5.5 to 5.9%. Selected samples represent valuable genetic material for the creation of glutinous proso millet varieties and will be involved in the breeding process. On the basis of the conditional classification, it was found that the amylose content was higher than 25% (high amylose) in 68% of the studied samples, 23% were medium-amylose (15–25%) groups, and only 5% and 4% were low-amylose (6–14%) and glutinous (to 6%) groups, respectively.

Key words: millet, collection, amylose, screening, classification.

Рысбекова А.Б.¹, Дюсибаева Э.Н.², Жирнова И.А.³,
Есенбекова Г.Т.⁴, Сейтхожаев Ә.І.⁵, Жакенова А.Е.⁶

¹биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, e-mail: aiman_rb@mail.ru

²PhD, профессор ассистенті, e-mail: elmira_dyusibaeva@mail.ru

³агрономия магистрі, профессор ассистенті, e-mail: ira777.89@mail.ru

⁴PhD, аға оқытушы, e-mail: gulzat_es@mail.ru

⁵биология ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: abilbashar44@mail.ru

⁶агрономия магистрі, профессор ассистенті, e-mail: aiym_92@mail.ru

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, Астана қ.

Отандық және шетелдік тары коллекциясының дәніндегі амилоза мөлшеріне биохимиялық скрининг

Амилоза мөлшері астықтұқымдастардың дән сапасының маңызды биохимиялық көрсеткіштері болып табылады. Зерттеу жұмысында 112 отандық және шетелдік (Ауғанстан, Бельгия, Венгрия, ҚХР, Канада, Үндістан, Иран, Мексика, Пәкістан, РФ, АҚШ, Түркия, Украина, Франция) тары коллекциясының дәніндегі амилозаның сандық мөлшеріне жүргізілген биохимиялық скринингтің нәтижелері көрсетілген. Алынған нәтижелер бойынша тары коллекциясының шартты жіктелуі жасалды. Зерттеу нәтижелері зерттелінген үлгілердің амилоза мөлшері бойынша әртүрлі және оның мөлшері 5,5–34,90% аралығында болатынын көрсетті. Отандық үлгілерде амилозы мөлшері 14,6–34,8% дейін ауытқыды. Төмен амилоза мөлшері K-3742, PI 436626 (Lung Shu 18), PI 436625 (Lung Shu 16) және Ma zha Yan үлгілерінде анықталды, орташа шамамен 5,5–5,9% көрсетті. Бөлініп алынған үлгілер тарының глютинозды сорттарын шығаруда құнды генетикалық материал болып табылады және олар ары қарайғы селекциялық жұмыстарда қолданылады. Шартты жіктелу негізінде зерттеу үлгілерінің 68%-да амилоза мөлшері 25%-дан жоғары, 23%-ын орташа амилозалы (15–25%), тек 5% және 4%-ын төменамилозалы (6–15%) және глютинозды (6%-ға дейін) топтар сәйкесінше құрды.

Түйін сөздер: тары, коллекция, амилоза, скрининг, классификация.

Введение

Просо – одно из ценных древнейших сельскохозяйственных культур универсального использования. Просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) возделывается в 30 странах мира, в том числе в 18 странах Европы. Основными производителями проса посевного в настоящее время являются пять стран: РФ, Индия, Китай, США и Украина. Мировое производство зерна просовидных культур по данным ФАО составляет около 30 млн.т, из них просо жемчужное (*Pennisetum*) – 52 %, просо итальянское или чумиза, могар (*Setaria*) – 18 %, просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) – 14 %. Среди просовидных культур наибольшее распространение в нашей стране занимает просо обыкновенное, имеющее продовольственное, кормовое и резервно-стратегическое значение (Zotikov, 2012: 3, Сидоренко, 2015: 69).

В зерне проса содержатся белки, жиры, сахара, минеральные соли. Крахмал является основной составной частью зерна проса в количестве около 56–80%. У обычного проса он состоит из амилозы (25–30 %), которая имеет линейную молекулу этого полисахарида и амилопектина (70–75 %) с разветвленной молекулой (Плешков, 1975: 496, Самборская, 2014: 17)

У высокоамилозных образцов проса содержание амилозы колеблется от 20 до 32% (Kim, 2012: 311, Beleia, 1980: 300), образцы с содержанием амилозы 3,3–11,4% относятся к низкоамилозным группам (Kim, 2009: 59, Hoover, 1996: 355).

Восковидные (глютинозные) формы проса (крахмал эндосперма которого не содержат амилозы) были еще известны с XIX века (Nixon, 1968: 267). Продукты восковидных (wx) сортов зерновых культур обладают высокими ди-

етическими свойствами и служат источником производства амилопектинового крахмала для промышленности – пищевой, текстильной, бумажной, сталепрокатной, нефтедобывающей и других, в связи с этим в последнее время начались исследования по созданию wx-сортов многих культур, в частности пшеницы, риса, проса (Самборская, 2014: 17, Уварова, 1994: 34, Яшовский, 1987: 256). На современном рынке *ваху*-типы проса, из-за их повышенной клейкости и высокой обволакивающей способности имеют высокий спрос как ценный продовольственный продукт.

Содержание амилозы детерминируется аддитивными, доминантными, эпистатическими и цитоплазматическими эффектами. Доминирование обычно направлено к более высокому уровню. Формы гомозиготные по гену *Wx* содержат в крахмале 15-36% амилозы. Изменения экспрессии локуса *Wx* могут происходить вследствие включения транспозонов, инсерция которых в интроны приводит к диверсификации структурного гена. Регулярные изменения могут быть более значимы для варьирования содержания амилозы, чем изменения в структуре самого гена (Umeda, 1991: 569). Количество амилозы зависит от количества продукта *Ваху*-гена, кодирующего синтазу гранулированного крахмала (*granule-bound starch syntase = GBSS = Wx-protein*). Мутации генов, кодирующих синтез этого фермента, приводят к появлению признака воскоподобного эндосперма, известного под названием вакси. Результатом таких мутаций является полное блокирование фермента GBSS и, соответственно, полное блокирование синтеза амилозы. Такие мутации были идентифицированы у кукурузы, риса, ячменя, сорго, овса и ама-

ранта, пшеницы (Nakamura, 1995: 253, Копусь, 2009: 23).

Пшено полученное из глютинозных форм проса является ценным диетическим продуктом. Данный продукт выводит из организма токсичные соединения, шлаки и даже ионы тяжелых металлов. Следует отметить также, что пшено способно выводить из организма антибиотики (Kim, 2009: 59). В Государственный реестр селекционных достижений МСХ РК внесены 19 сортов проса, среди которых отсутствуют сорта с низким содержанием амилозы (глютинозные). В Казахстане исследования по данному направлению ранее не проводились, что привело к отсутствию отечественных низкоамилозных сортов.

В связи с этим целью нашего исследования было проведение биохимического скрининга на количественное содержание амилозы в зерне проса из отечественной и мировой коллекции и поиск новых геноисточников проса с низким содержанием амилозы для создания восковидных казахстанских сортов.

Материалы и методы исследования

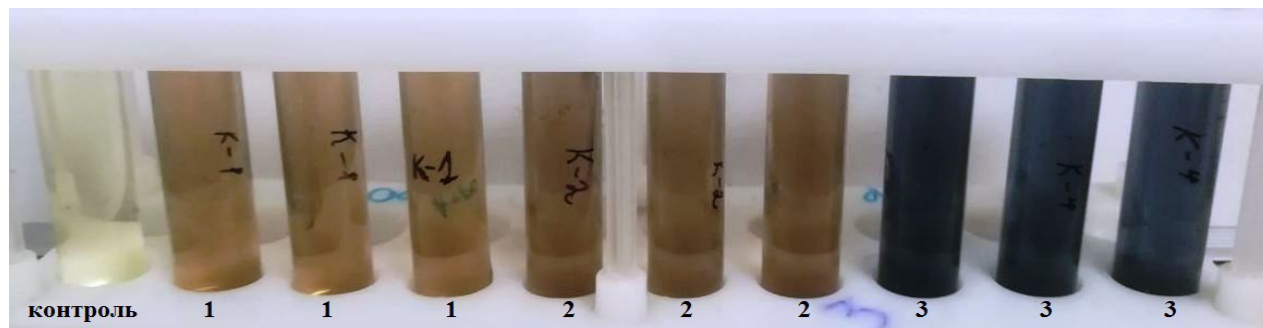
В исследовательской работе были использованы семена 112 генотипов проса из отечественной и мировой коллекции (Афганистан, Бельгия, Венгрия, КНР, Канада, Индия, Иран, Мексика, Пакистан, РФ, США, Турция, Украина, Франция). Из них 45 были получены от Regional Plant Introduction Station (Айова, США), 46 – образцы из Всероссийского института растениеводства (Санкт-Петербург, Россия), 21 – из казахстанских селекционных учреждений. Зерна глютинозного и амилозного проса урожая 2016 года показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Зерна глютинозного и амилозного проса

Зерновки коллекции проса обрушивали механически, снимали цветковые оболочки, подвергали гомогенизации и в полученной муке

определяли количественное содержание амилозы колориметрическим методом (рисунок 2) (Approved Methods of Analysis, 2011).



1 – глютинозный образец Ma zha Yan; 2 – низкоамилозный образец Bai li Shu;
3 – высокоамилозный образец Qing Yang e si niu

Рисунок 2 – Йодная реакция образцов проса с различным содержанием амилозы

Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре (ПЭ-5400UF, Эркос, Россия) при длине волны 620 нм. Содержание амилозы определяли по стандартной кривой, разработанной с использованием стандартных смесей амилозы (Manjot, 2016). Эксперимент проводили в трехкратной повторности, результаты обрабатывали статистически с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание амилозы является наиболее важным биохимическим показателем качества зерна и его количество в зерне зависит не только от генетических особенностей, но и от

многих внешних факторов и условий выращивания (химического состава почвы, её кислотности и влажности). Ранее нами были проанализированы 40 сортообразцов проса по методу S. Gurupavithra и др. (Gurupavithra, 2013: 549). Отмечена существенная разница у некоторых сортов в сравнении с полученными данными (Дюсибаева, 2017: 24). Это можно объяснить тем что, количество амилозы в зерне зависит не только от генетических признаков, но и от многих внешних факторов и условий выращивания (химического состава почвы, её кислотности и влажности). Проведен биохимический скрининг и на основе экспериментальных данных составлена классификация коллекции по содержанию амилозы (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание и классификация амилозы в зерне коллекционных образцов проса

№	Генотипы	Происхождение	Содержание амилозы, %
1	2	3	4
глютинозные образцы			
1	K-3742	РФ	5,5± 0,6
2	PI 436626 (Lung Shu 18)	Китай	5,5±0,7
3	PI 436625 (Lung Shu 16)	Китай	5,8±0,0
4	Ma zha Yan	Китай	5,9±0,4
низкоамилозные образцы			
5	PI 346946	Россия	7,8±0,1
6	PI 436623 (Lung Shu 7)	Китай	8,9±0,1

№	Генотипы	Происхождение	Содержание амилозы, %
1	2	3	4
7	Bai li Shu	Китай	9,7±0,1
8	PI 436622 (Lung Shu 5)	Китай	10,5±0,6
9	К-9989	Барнаульское 80	12,8±4,7
10	К-8873	Казахстан	14,6±2,3
среднеамилозные образцы			
11	Long mei 3 hao	Китай	18,6±1,2
12	К-1437	Узбекистан	18,9±1,3
13	Актюбинское кормовое	Казахстан	19,2±1,2
14	PI 649373	Турция	19,6±1,3
15	PI 346933	СССР	20,8±4,3
16	К-9655	США	21,5±1,0
17	К-9800	США	21,6±1,4
18	PI 649383	США	21,6±0,9
19	Кокчетавское 66	Казахстан	21,6±1,7
20	К-1142	Казахстан	21,8±0,9
21	Абаканское кормовое	РФ	21,8±0,1
22	К-9910	Украина	22,9±1,6
23	PI 346942	Украина	23,1±2,0
24	Золотистое кормовое	РФ	23,3±1,3
25	Памяти Берсиева	Казахстан	23,4±1,3
26	PI 365847	Австралия	23,7±3,6
27	PI 367684	Австралия	23,8±2,6
28	PI 211059	Афганистан	24,3±1,3
29	К- 9658	Мексика	24,6±1,9
30	К-10299	Украина	24,6±1,7
31	PI 436624 (Lung Shu 14)	Китай	24,6±2,2
32	PI 204905	Турция	24,6±2,1
33	К-9681	Казахстан	24,6±1,4
34	К-10112	РФ	24,6±2,0
35	К-2377	Казахстан	24,6±2,4
36	Омское 11	РФ	24,8±2,1
высокоамилозные образцы			
37	PI 531413	Турция	25,1±0,9
38	К-10286	РФ	25,1±1,9
39	К-10204	РФ	25,1±1,0
40	Яркое 3	Казахстан	25,5±6,6
41	Саратовское 3	РФ	25,7±1,6
42	PI 179391	Турция	25,8±0,6
43	К-803	Казахстан	26,0±2,6
44	PI 269960	Пакистан	26,0±1,7
45	К-9837	РФ	26,0±0,8

Продолжение таблицы 1

№	Генотипы	Происхождение	Содержание амилозы, %
1	2	3	4
46	PI 531404	РФ	26,3±0,7
47	Кокчетавское 66	Казахстан	26,6±0,9
48	PI 654403	Турция	26,6±1,8
49	К-10222	РФ	26,6±3,8
50	Ames 28191	Казахстан	26,8±0,5
51	Яркое 5	Казахстан	26,9±3,3
52	Кормовое просо	Казахстан	27,0±5,7
53	PI 163298	Индия	27,0±2,2
54	PI 649374	Турция	27,1±1,5
55	PI 176654	Турция	27,2±0,7
56	PI 176399	СССР	27,5±3,1
57	PI 507933	Венгрия	27,5±0,7
58	PI 204598	Турция	27,6±2,1
59	PI 170604	Турция	27,7±0,4
60	PI 170591	Турция	28,1±2,9
61	PI 173752	Турция	28,1±1,5
62	PI 223795	Афганистан	28,1±1,5
63	PI 268411	Афганистан	28,3±0,2
64	PI 220670	Афганистан	28,5±1,0
65	К-1066	Казахстан	28,5±0,7
66	PI 289324	Венгрия	28,7±0,6
67	PI 463266	Индия	28,8±0,4
68	PI 346937	СССР	29,0±0,3
69	PI 442533	Бельгия	29,0±1,8
70	PI 219931	Афганистан	29,0±1,0
71	PI 173002	Турция	29,1±0,8
72	PI 365844	Индия	29,3±3,1
73	Павлодарское	Казахстан	29,4±1,1
74	PI 649373	Турция	29,5±1,1
75	PI 251389	Иран	29,6±1,9
76	Кормовое 89	Казахстан	29,6±1,0
77	Яркое 6	Казахстан	29,7±1,2
78	PI 260053	СССР	29,7±0,8
79	Барнаульское кормовое	РФ	29,8±1,8
80	К-1685	Турция	29,8±1,2
81	PI 289322	Венгрия	29,9±1,3
82	PI 175798	Турция	30,2±2,0
83	PI 222201	Афганистан	30,3±3,2
84	PI 207501	Афганистан	30,4±0,5
85	К-10213	РФ	30,8±0,3
86	PI 180450	Индия	30,9±1,9

№	Генотипы	Происхождение	Содержание амилозы, %
1	2	3	4
87	K-9645	РФ	31,0±1,7
88	PI 289329	Венгрия	31,2±0,2
89	PI 177481	Турция	31,6±1,8
90	PI 269953	Пакистан	32,0±3,9
91	Ames 11641	Индия	32,3±1,2
92	PI 182258	Турция	32,3±3,1
93	Шортандинское 7	Казахстан	32,4±1,0
94	Da huang Mei	Китай	32,4±0,7
95	PI 654404	Турция	32,9±1,6
96	K-148	Казахстан	33,2±0,3
97	K-5786	Казахстан	33,2±1,6
98	Яркое 7	Казахстан	33,6±2,1
99	PI 649372	Франция	33,7±0,4
100	Qing Yang e si niu	Китай	33,7±0,6
101	PI 222811	Украина	33,9±2,3
102	PI 223793	Афганистан	33,9±2,0
103	Уральское 109	Пакистан	33,9±0,3
104	PI 170587	Турция	34,0±2,6
105	PI 346941	Украина	34,1±0,3
106	PI 296376	Канада	34,3±0,1
107	PI 173750	Турция	34,4±0,1
108	Tu lu tan mei	Китай	34,4±2,7
109	PI 346944	СССР	34,7±0,8
110	K-9580	Канада	34,8±0,3
111	Саратовское 6	РФ	34,8±2,5
112	PI 253955	Афганистан	34,9±0,4

Результаты биохимического скрининга генотипов проса показали, что исследованные нами образцы различались по содержанию амилозы. Количество амилозы в отобранных образцах варьировало от 5,5 до 34,9%. У отечественных образцов содержание амилозы колебалось от 14,6 до 34,8% и по классификации относятся к средне- и высокоамилозной группе, что свидетельствует об отсутствии восковидных образцов проса в казахстанской селекции. У образцов K-3742 из коллекции ВИР, PI 436626 (Lung Shu 18), PI 436625 (Lung Shu 16) и Ma zha Yan из китайской селекции отмечено низкое содержание амилозы, в среднем варьировало от 5,5 до 5,9%.

По литературным данным у глютинозного (восковидные) проса содержание амилозы доходит до 6% (Choi, 2004: 469). Исходя из этого, данные образцы отнесены к глютинозной (амилопектиновой) группе. Следует отметить, что самое высокое количество амилозы содержат образцы Афганского происхождения (24-30%).

На основе условной классификации выявлено, что содержание амилозы было выше 25% у 68% исследуемых образцов, 23% составили среднеамилозные группы (15-25%), и только 5% и 4% составили низкоамилозные (6-15%) и глютинозные (до 6%) группы соответственно (рисунок 3).

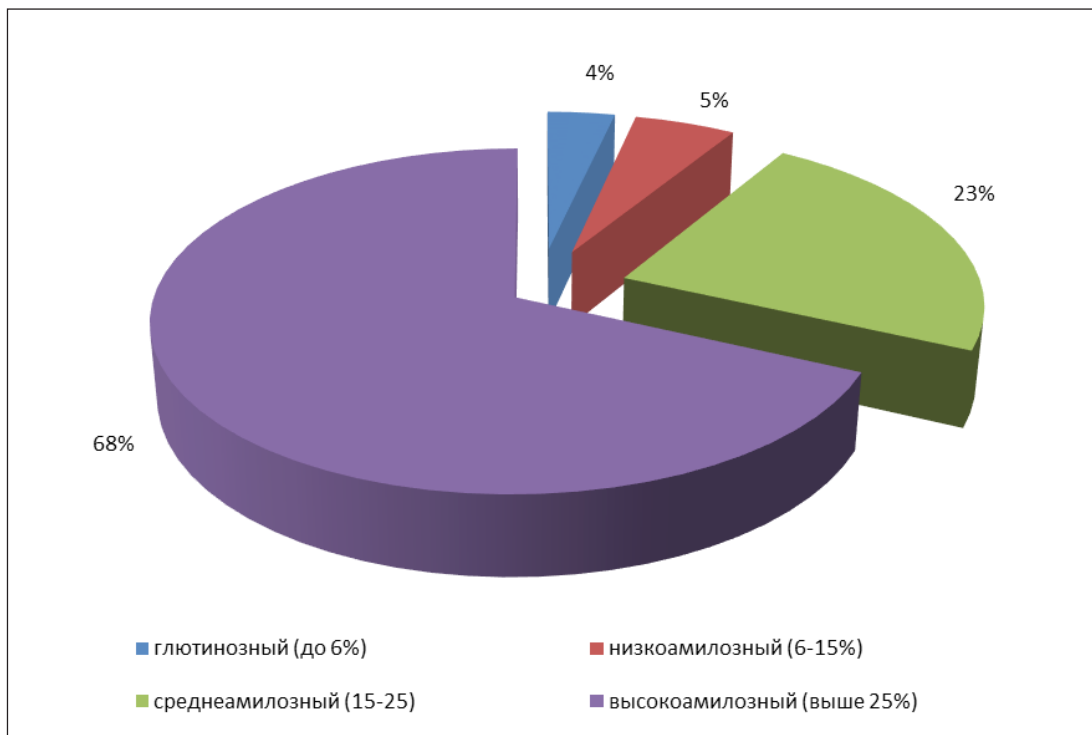


Рисунок 3 – Скрининг коллекции проса по содержанию амилозы

Заключение

Таким образом, по результатам скрининга, согласно условной классификации коллекции проса 76 образцов из 112 относятся к высоко-, 25 – к средне-, 3 – к низко- и только 2 образца к низкоамилозной или амилопектиновой группе. Для гибридизационных работ по созданию восковидных форм проса необходимо геноисточники ранее не вовлекавшиеся в скрещивания, для избегания генетической унификации сортимента. Выделенные из мировой коллекции глютинозные образцы проса К-3742 и **Ma zha Yan** представляют ценный генетический источник для создания первого отечественного глютинозного сорта проса с комплексом хозяйственно-ценных

признаков путем переноса гена «восковидности» в местные сорта. Использование их в селекционных исследованиях будет способствовать не только снижению содержания амилозы в зерне, но и увеличению урожайного и адаптивного потенциала проса в Казахстане за счет расширения генетического базиса культуры.

Работа выполнена в рамках проекта AP05131622 «Получение перспективных низкоамилозных образцов проса для селекции на основе биохимических и молекулярно-генетических методов» по подприоритету: «Науки о жизни и здоровье» Бюджетной программы 055, финансируемой Государственным учреждением «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан».

Литература

- Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Bobkov S.V. et al. Area and Production of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Russia // *Advances in Broomcorn Millet Research. Proceedings of the 1st International Symposium on Broomcorn Millet*. Northwest A&F University (NWSUAF), 2012, 25-31 August. – Yangling, Shaanxi, People’s Republic of China. – P. 3-9.
- Сидоренко В.С., Гуринович С.О. Селекция новых сортов проса для кормопроизводства // *Селекция і насінництво*. – 2015. – Випуск 108. – С. 69-76.
- Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. // М.: Колос.-1975.- 496 с.
- Самборская Е.В. Исследование восковидного (wx) – типа крахмала в зерне проса и создание доноров этого признака // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2014 – №4(12). – С. 17-20.

- Kim S., Choi H., Kang D., Kim H. Starch properties of native proso millet (*Panicum miliaceum* L.) // *Agronomy Research*. – 2012. – N. 10. – P. 311-318.
- Beleia A., Varriano-Marston E., Hosney R. Characterization of starch from pearl millets // *Cereal Chem.* – 1980. – N.57. – P. 300-303.
- Kim S., Sohn E., Lee, I. Starch properties of native foxtail millet, *Setaria italica* Beauv. // *J. Crop Sci. Biotech.* – 2009. – N.12. – P. 59-62.
- Hoover R., Swamidass G., Kok L., Vasanthan T. Composition and physicochemical properties of starch from pearl millet grains // *Food Chem.* – 1996. – N. 56. – P.355-367.
- Hixon R. M., R. Brimhall Waxy cereals and red iodine starches / In: J. A. Radley (ed.) *Starch and its Derivatives*, 1968. – P. 247-281. Chapman and Hall, Ltd, London, UK.
- Уварова И.И., Прокопец А.С. Использование просяной муки в производстве печенья // *Вести Вузов. Пищевая технология*. – 1994. – №1-2. – С. 34-36.
- Яшовский И.В. Селекция и семеноводство проса. – М.: Агропромиздат, 1987. – 256 с.
- Umeda V., Ohtsubo H. Diversification of the rice waxy gene by insertion of mobile DNA element into introns // *Jap. J. Genet.* – 1991. – V. 66, N.5. – P. 569-589.
- Nakamura T., Jamamori M., Hirano H., Hidana S., Nagamine T. Production of waxy (amylase-free) wheat // *Mol. Gen. Genet.* – 1995. – Vol. 248. – P. 253-259.
- Копусь М.М., Игнатъева Н.Г., Васюшкина Н.Е., Кравченко Н.С., Копусь Е.М. Генетический полиморфизм амилолитических ферментов зерна пшеницы и генетика ферментов биосинтеза крахмала // *Зерновое хозяйство России*. – 2009. – №4.
- Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 61-03.01, Amylose Content of Milled Rice. Published online. AACC International, St. Paul, MN, 2011. doi: 10.1094/AACC Int Method-61-03.01
- Manjot Singh, Akinbode A. Adedeji Physicochemical, pasting and thermal properties of acid and hydrothermal modified proso millet starch // *An ASABE Meeting Presentation Orlando, Florida, 2016, July 17-20*. DOI: 10.13031/aim.202460194 Paper Number: 2460194.
- Gurupavithra S., Jayachitra A., Dilna K. Study on biochemical and nutritive value of popped foxtail millet // *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. – 2013. – N.4(2). – P.549 – 558.
- Дюсибаева Э.Н., Сейтхожаев А.И., Рысбекова А.Б. Скрининг на содержание амилозы в зерне проса отечественной и зарубежной коллекции // *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный)*. – 2017. – №2 (93). – С.24-29.
- Choi H., Kim W., Shin M. Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches // *Starch Stärke*. – 2004. – N.56. – P.469-477.

References

- Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 61-03.01, Amylose Content of Milled Rice. Published online. AACC International, St. Paul, MN, (2011). doi: 10.1094/AACCIntMethod-61-03.01
- Beleia A., Varriano-Marston E. and Hosney R. (1980) Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.*, n.57., pp. 300-303.
- Choi H., Kim W. and Shin M. (2004) Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. *Starch Stärke*, n.56., pp.469-477.
- Diusibaeva E.N., Seitkhozhaev A.I. and Rysbekova A.B. (2017) Skringing na soderzhanie amilozy v zerne prosa otechestvennoi i zarubezhnoi kollektzii Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S.Seifullina (mezhdistsiplinarnyi), n.2, vol. 93, pp. 24-29.
- Gurupavithra S., Jayachitra A. and Dilna K. (2013) Study on biochemical and nutritive value of popped foxtail millet // *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, n. 4, vol. 2, pp. 549 – 558.
- Hixon R. M. and R. Brimhall (1968) Waxy cereals and red iodine starches In: J. A. Radley (ed.) *Starch and its Derivatives*, pp. 247-281. Chapman and Hall, Ltd, London, UK.
- Hoover R., et al. (1996) Composition and physicochemical properties of starch from pearl millet grains. *Food Chem.*, n. 56., pp.355-367.
- Kim S., Sohn E., Lee, I. (2009) Starch properties of native foxtail millet, *Setaria italica* Beauv. *J. Crop Sci. Biotech.* n.12., pp.59-62.
- Kim S., Choi H., Kang D., Kim H. (2012) Starch properties of native proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Agronomy Research*. n.10., pp. 311-318.
- Kopus M.M., et al. (2009) Geneticheskii polymorphism amilolicheskikh fermentov zerna pshenizy i genetika fermentov biosinteza krachmala [Genetic polymorphism of amylolytic enzymes of wheat grains and genetics of starch biosynthetic enzymes]. *Zernovoe hozyaistvo Rossii*, n.4.
- Manjot Singh, Akinbode A. and Adedeji (2016) Physicochemical, pasting and thermal properties of acid and hydrothermal modified proso millet starch. *An ASABE Meeting Presentation*, DOI: 10.13031/aim.202460194 Paper Number: 2460194.
- Nakamura T. et al Production of waxy (amylase-free) wheat. *Mol. Gen. Genet.*, 1995, vol. 248., pp. 253-259.
- Pleshkov B.P. *Biohimia selskohozyaistvennyh roslin* [Biochemistry of agricultural plants]. M.: Kolos, 1975, 496 p.

Samborskaya E.V. (2014) Nasledovanie voskovidnogo (wx) – tipa krahmala v zerne prosa i sozdanie donorov etogo priznaka [Inheritance of a waxy-like (wx) – type starch in millet grain and the creation of donors of this feature]. Nauchno-proizvodstvennyi zhurnal Scientific and production journal “Zernobobovye I krupyanye kultury”, n.4 (12), pp. 17-20.

Sidorenko V.S and Gurinovich S.O. (2015) Selectiya novyh sortov prosa dlya kormoproizvodstva [Selection of new proso varieties for forage production]. Seleksiya i nasinnitsvo, Issue 108, pp. 69-76.

Umeda V. and Ohtsubo H. (1995) Diversification of the rice waxy gene by insertion of mobile DNA element into introns. Jap. J. Genet. vol.66, n.5., pp.569-589.

Uvarova I.I. and Prokopets A.S. (1994) Ispolizovanie prosyanoi muki v proizvodstve pechenya [Using of flour in the production of cookies]. Vesti Vuzov. Pichavaya technology, n.1-2., pp. 34-36.

Yashovsky I.V. Selectiya i semenovodstva prosa. (1987) [Selection and seed production of millet]. M.: Agropromizdat, pp.256.

Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Bobkov S.V. et al. (2012) Area and Production of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Russia // Advances in Broomcorn Millet Research. Proceedings of the 1st International Symposium on Broomcorn Millet. Northwest A&F University (NWSUAF), 25-31 August. – Yangling, Shaanxi, People’s Republic of China, pp. 3-9.