

Флюра Фаатовна Магафурова¹, Валир Вакилович Хуснутдинов²✉

^{1,2}Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

^{1,2}valir80@mail.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ У ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ ГРЕЧИХИ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ РУТИНА

Цель исследования – получение новых популяций красноцветковой красностебельной гречихи с достаточно высокой семенной продуктивностью и повышенным выходом надземной биомассы, с устойчивой окраской цветков и стебля. Исследования выполнены в 2019–2021 гг. в гибридном питомнике на полях Чишминского селекцентра по растениеводству Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства УФИЦ РАН (Предуральская степь Республики Башкортостан). Изучались 27 комбинаций, полученных в результате скрещивания сорта Башкирская красностебельная с сортами и перспективными гибридными популяциями своей и инорайонной селекции, высокоурожайными, устойчивыми к полеганию, осыпанию зерна, с высокими технологическими качествами семян. Посев производили сеялкой СКС-6-10, площадь делянки 1 м², повторность трехкратная. Для анализа структурных элементов из всех комбинаций брали по 90–95 типичных, хорошо развитых растений. Определяли высоту растений, количество веток, соцветий, зерен, сухую биомассу растений, окрашенность стебля, продуктивность. Анализ полученных растений гибридных комбинаций показал повышенную продуктивность, изменение габитуса растений в сторону увеличения их высоты, количества веток, соцветий и зерен. Более интенсивный красный, вплоть до темно-красного, цвет стебля и цветков, вызванный накоплением большого количества рутина, отмечен в сухой и жаркий год (2021 г.). Процент окрашенных растений в выборках достигает 68–85 %, в благоприятные же по условиям произрастания годы, ГТК которых равен 1,0–1,2, таких растений 28–68 %. Коэффициенты корреляции, определяющие взаимосвязь продуктивности растений с количеством сформировавшихся на них ветвей первого, второго и третьего порядков, указали на тесную положительную связь между ними: в комбинациях № 240 $r = 0,82$, № 241 $r = 0,88$ и № 242 $r = 0,92$. Коэффициент детерминации выявил, что изменение количества зерен на растении является результатом изменения количества веток и, соответственно, соцветий.

Ключевые слова: гречиха, метеорологические условия, урожайность, рутин, гибриды, структура растений

Для цитирования: Магафурова Ф.Ф., Хуснутдинов В.В. Предварительные результаты селекции на повышение урожайности у гибридных комбинаций гречихи с высоким содержанием рутина // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9. С. 27–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-27-32.

Flyura Faatovna Magafurova¹, Valir Vakilovich Khusnutdinov²✉

^{1,2}Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture UFRC RAS, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

^{1,2}valir80@mail.ru

PRELIMINARY RESULTS OF BREEDING TO INCREASE BUCKWHEAT HYBRID COMBINATIONS YIELD WITH RUTIN HIGH CONTENT

The purpose of the study is to obtain new populations of red-flowered red-stemmed buckwheat with a sufficiently high seed productivity and an increased yield of above-ground biomass, with a stable color of flowers and stems. The studies were carried out in 2019–2021 in a hybrid nursery on the fields of the

Chishminsky breeding center for crop production of the Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Ural steppe of the Republic of Bashkortostan). We studied 27 combinations obtained as a result of crossing the Bashkirkaya Krasnostebel'naya variety with varieties and promising hybrid populations of its own and foreign breeding, high-yielding, resistant to lodging, grain shedding, with high technological qualities of seeds. The sowing was carried out with the SKS-6-10 seeder, the area of the plot was 1 m², the repetition was three times. For the analysis of structural elements, 90–95 typical, well-developed plants were taken from all combinations. Plant height, number of branches, inflorescences, grains, dry plant biomass, stem color, and productivity were determined. Analysis of the obtained plants of hybrid combinations showed increased productivity, a change in the habitus of plants towards an increase in their height, the number of branches, inflorescences and grains. A more intense red, up to dark red, color of the stem and flowers, caused by the accumulation of a large amount of rutin, was noted in a dry and hot year (2021). The percentage of colored plants in the samples reaches 68–85 %, while in favorable growing conditions, the HTC of which is 1.0–1.2, there are 28–68 % of such plants. The correlation coefficients that determine the relationship between plant productivity and the number of branches of the first, second and third orders formed on them indicated a close positive relationship between them: in combinations No. 240 $r = 0.82$, No. 241 $r = 0.88$ and No. 242 $r = 0.92$. The determination coefficient revealed that the change in the number of grains on the plant is the result of a change in the number of branches and, accordingly, inflorescences.

Keywords: buckwheat, meteorological conditions, productivity, rutin, hybrids, plant structure

For citation: Magafurova F.F., Khusnutdinov V.V. Preliminary results of breeding to increase buckwheat hybrid combinations yield with rutin high content // Bulliten KrasSAU. 2022;(9): 27–32. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-27-32.

Введение. Перспективное направление селекционной работы с гречихой (*Fagopyrum esculentum* Moench) – расширение генетического разнообразия исходного материала. Для создания нового сорта необходимы источники обширного генофонда, географически отдаленных по происхождению и существенно отличающихся по генотипу [1].

Наличие в растениях гречихи фенольных соединений способствует устойчивости сорта к изменяющимся биотическим и абиотическим условиям вегетации, укреплению жизненно важных функций растительного организма [2].

В Башкирском НИИ сельского хозяйства в 1991 г. начата селекционная работа по созданию нового сорта гречихи с повышенным содержанием в надземной биомассе флавоноидных соединений. В качестве исходного материала использовали мелкоплодную, позднеспелую, красноцветковую форму гречихи Рубра из коллекции Каменец-Подольского СХИ, сорт Черноплодная из Белорусского НИИ земледелия и красноствельные черноплодные формы гречихи, выделенные в популяциях сортов Уфимская и Чишминская своей селекцией.

Целенаправленный отбор растений из полученной гибридной популяции, сочетающих в себе красноцветковость, черноплодность и красноствельность, привел к созданию сорта Башкирская красноствельная, который после

изучения в сети государственного сортоиспытания был внесен в Госреестр селекционных достижений с допуском к использованию по девятому региону РФ [3].

Растения сорта высокорослые, позднеспелые, по урожайности зерна на 15–20 % уступают контрольному сорту, по выходу листовостебельной массы несколько его превосходят.

Надземная биомасса сорта содержит значительное количество флавоноидов, из которых выделены и изучены кверцетин и его глюкозиды, обладающие сильной Р-витаминной активностью. Проведенные в лаборатории биохимии и цитологии Института биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН анализы по определению содержания флавоноидов в разных органах растения гречихи по методике, разработанной доктором химических наук Н.Л. Егутиным, показали наличие рутина в цветках до 12 %; в листьях – 8,4; стеблях – 2,5 %. В растениях стандартного сорта (белоцветковых зеленоствельных) соответственно 9,4; 6,7 и 0,9 % [4].

Полученные данные по содержанию рутина в растениях гречихи дают возможность использовать его в медицине, так как он обладает разнообразными лечебными свойствами: антимикробным, противовирусным, противолучевым и многими др. [5]; в пищевой промышленности: естественные красители, мука для выпечки хлеба,

кондитерских изделий, разрабатываются новые пищевые продукты из проростков гречихи (сок, пищевой порошок из проростков, солод для производства пива), – и в других областях [6, 7]. Но массовое возделывание гречихи с высоким содержанием флавоноидов ограничивается ее низкой урожайностью.

Цель исследования – получение новых популяций красноцветковой красностебельной гречихи с достаточно высокой семенной продуктивностью и повышенным выходом надземной биомассы, с устойчивой окраской цветков и стебля.

Объекты и методы. Исследование выполнено в 2019–2021 гг. в гибридном питомнике на полях Чишминского селекцентра по растениеводству Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства УФИЦ РАН (Предуральская степь Республики Башкортостан).

Изучались 27 комбинаций, полученных в результате скрещивания сорта Башкирская красностебельная с сортами и перспективными гибридными популяциями своей и инорайонной селекции, высокоурожайными, устойчивыми к полеганию, осыпанию зерна, с высокими технологическими качествами семян.

Посев производили сеялкой СКС-6-10, площадь делянки 1 м², повторность трехкратная. Для анализа структурных элементов из всех комбинаций брали по 90–95 типичных, хорошо развитых растений. Определяли высоту растений, количество веток, соцветий, зерен, сухую биомассу растений, окрашенность стебля, продуктивность.

Исследования проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [8]. Полученные данные обра-

батывали общепринятыми статистическими методами [9].

Продуктивность и структурные элементы растений гречихи существенно зависят от погодно-климатических условий вегетационного периода. Рост и развитие растений гречихи в 2019 г. проходил в благоприятных условиях, ГТК равнялся 0,9. При среднесуточных температурах 17,7 °С за межфазный период всходы-созревание выпало 132,7 мм осадков. В 2020 г. за тот же период выпало больше дождей – 182,1 мм, при этом среднесуточная температура поднялась до 19,4–22,1 °С, ГТК равнялся 1,2; 2021 г. был острозасушливым, ГТК – 0,4. За время вегетации осадков выпало 64 мм, среднесуточная температура – 21,5 °С. Максимальные температуры 28,8–38,0 °С фиксировались 32 дня из 68 этого периода.

Из всех полученных гибридных комбинаций лучшими по уровню продуктивности, структуре растений, технологическим качествам зерна и другому были гибриды, полученные от скрещивания Башкирской красностебельной с сортами Диалог (селекции ВНИИЗБК), Инзерская и перспективной популяцией № 119а (селекции БНИИСХ). Проведенная комплексная оценка указанных гибридных комбинаций в конкурсном сортоиспытании показала изменение габитуса растений, повышенный уровень урожайности, высокие технологические качества зерна.

В среднем за три года (2019–2021) урожайность указанных гибридов достигла 14,1–16,6 ц/га, прибавка в пределах 4,9–7,4 ц/га к уровню продуктивности сорта Башкирская красностебельная (НСР₀₅ 4,7 ц/га). Зерно крупное, с высокими показателями натуре и средней пленчатостью (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность и технологические качества гибридов (КСИ 2019–2021 гг.)

Сорт и гибрид	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Пленчатость, %
Башкирская красностебельная	9,2	–	26,5	594	21,3
№ 240 Башкирская красностебельная* № 119 а	14,3	5,6	32,3	614	21,9
№ 241 Башкирская красностебельная* Диалог	16,6	7,4	31,0	604	21,5
№ 242 Башкирская красностебельная* Инзерская	14,1	4,9	31,0	600	22,2
НСР ₀₅	4,7				

Анализ структурных элементов гибридных растений показал увеличение их высоты, количества веток всех порядков, соцветий, зерен.

Так, по сравнению с родительскими формами гибридные растения в среднем выше на 12 % (табл. 2).

Таблица 2

Структурный анализ растений гибридных комбинаций (2019–2021 гг.)

Сорт и гибрид	Высота растений, см	Кол-во веток, порядков, шт.			Кол-во, шт.		Процент растений с содержанием флавоноидов при разных метеоусловиях		
		I ветка	II ветка	III ветка	соцветий	зерен	ГТК=1,2	ГТК=0,4	
♀ Башкирская красностебельная	87	3,3	2,6	0,25	20,0	62	91	97	
F № 240	91	3,5	4,4	0,45	40,0	147	47	85	
	№ 241	98	4,1	5,8	2,2	77,0	28	68	
	№ 242	94	3,7	4,0	0,8	49,0	187	68	79
♂ № 119 а	87	2,6	1,7	0,1	30	110	5	9	
	Диалог	77	3,4	2,6	1,0	53	226	0	3
	Инзерская	86	2,7	1,8	0,2	39	149	11	20

Прослеживается явление гетерозиса по параметру «количество первичных, вторичных и третичных ветвей на растении». Так, у материнской формы Башкирская красностебельная за время изучения формировалось 2,4–3,3 первичных и 1,6–2,6 вторичных веток; у отцовских форм – 2,6–3,4 первичных и 1,7–2,6 вторичных веток, у растений же изучаемых гибридов количество I, II и III веток в среднем увеличилось на 23,5–27,5 %. В большей степени этот признак проявился в гибридной комбинации № 241, у которой отцовская форма имеет большую ветвистость.

Анализ изменения объема биомассы гибридных растений в фазу полного цветения по отношению к родительским формам показал: у сорта Башкирская красностебельная сухая масса одного растения в среднем равнялась 2,58 г, у отцовских форм – 1,88–2,62 г. У гибридных форм отмечалось увеличение объема сухой массы до 3,45–4,33 г. Наибольший прирост сухой биомассы одного растения наблюдался у гибрида № 241 – 4,33 г.

Окрашенность растения, показывающая в нем наличие рутина, по мнению А.Г. Клыкова, находится в прямой зависимости от метеорологических условий произрастания. Растения гречихи накапливают рутин больше в жаркие и

сухие годы, чем в дождливые и прохладные [10]. В условиях Предуральской степи Республики Башкортостан была отмечена такая же тенденция. В благоприятных условиях роста и развития гречихи 2019–2020 гг. в гибридной комбинации № 240 47 % растений имели красный и бледно-красный цвет стебля и цветков. В остросасушливом 2021 г. в этой комбинации таких растений насчитывалось уже 85 %. В комбинации № 241 – доля окрашенных растений поднялась с 68 до 79 %, в № 242 – с 28 до 68 %.

Создание новых сортов связано с отбором высокопродуктивных форм со сбалансированным комплексом признаков, что сопровождается сильными и положительными корреляционными связями между урожайностью и признаками, ответственными за нее [11].

Основной вклад в продуктивность растения вносят количество сформировавшихся ветвей и соответственно число соцветий на них с вызревшими семенами. Корреляционный анализ взаимосвязи веток, соцветий и семян у гибридных растений показал тесную связь между общим количеством веток и количеством соцветий: в гибридной популяции № 240 коэффициент корреляции равен 0,82, в № 241 – 0,88 и в № 242 – 0,92. Связь между количеством соцветий и количеством веток первого порядка у

всех изучаемых гибридных популяций средняя, $r = 0,29-0,4$. Более тесная взаимосвязь отмечена между количеством соцветий и ветками второго порядка – $r = 0,64-0,83$. При этом коэффициент детерминации d_{yx} (r^2) показывает, что 41–74 % изменений количества соцветий вызывается изменениями числа веток второго и третьего порядков.

Взаимосвязь между количеством зерна и количеством веток на растении во всех гибридных комбинациях несколько слабее – $r = 0,36-0,48$.

Выводы. Таким образом, в результате проделанной работы было выявлено, что использование в гибридизации сортов, географически отдаленных по происхождению и отличающихся генотипически, способствует обогащению селекционного материала.

Выявлено влияние метеорологических условий вегетации на увеличение количества флавоноидов в растениях гречихи, проявляющееся в усилении интенсивности окраски растений гречихи вплоть до темно-красного цвета.

Расчет коэффициентов корреляции показал, что наибольший вклад в величину урожая вносят растения с большей ветвистостью, т. е. с большим количеством веток второго и третьего порядков.

Список источников

1. Фесенко Н.В. Селекция и семеноводство гречихи. М.: Колос, 1983. 46 с.
2. Клыкков А.Г. Биологическая и селекционная ценность исходного материала гречихи с высоким содержанием рутина // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 3. С. 49–53.
3. Патент на селекционное достижение № 4917. Гречиха Башкирская красностебельная. Зарегистрирован в Госреестре от 16.10.2009 г. URL: <https://apkrb.info/sites/default/files/doc/pdf/innovacionnyeproektyapk.pdf>.
4. Фархутдинов Р.Г., Егутин Н.Л., Сабитов А.М. Оптимизация методов экстракции и определения флавоноидов. Оценка содержания флавоноидов в красностебельном сорте гречихи в различных фазах развития // Медицинский вестник Башкортостана. 2006. № 1, т. 4. С. 173–175.
5. Гречиха как источник флавоноидов / В.Е. Киселев [и др.]. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1985. 97 с.

6. Крефт Иван, Икеда Кийоказу, Икеда Саэко, Вомберггар Бланка. Разработка функционально новых продуктов питания на основе гречихи обыкновенной и татарской // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 4 (25). С. 15–17.
7. Особенности технологии свежепросоженного гречишного солода / А.С. Троценко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 10–13.
8. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М: Колос, 1971. 238 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М: Колос, 1985. 236 с.
10. Клыкков А.Г. Биологические ресурсы видов рода *Fagopyrum* Mill. (Гречиха) на Российском Дальнем Востоке (таксономия, химический состав, возможности использования, культивирование): дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 2013. 365 с.
11. Особенности эволюции и пути селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири / В.А. Зыкин [и др.] // Доклады Россельхозакадемии. 2001. № 1. С. 3–5.

References

1. Fesenko N.V. Selekcija i semenovodstvo grechih. M.: Kolos, 1983. 46 s.
2. Klykov A.G. Biologicheskaya i selekcionnaya cennost' ishodnogo materiala grechih s vysokim sodержaniem rutina // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2010. № 3. S. 49–53.
3. Patent na selekcionnoe dostizhenie № 4917. Grechih Bashkirsкая krasnostebel'naya. Zaregistrіrovan v Gosreestre ot 16.10.2009 g. URL: <https://apkrb.info/sites/default/files/doc/pdf/innovacionnyeproektyapk.pdf>.
4. Farhutdinov R.G., Egutın N.L., Sabitov A.M. Optimizaciya metodov `ekstrakcii i opredeleniya flavonoidov. Ocenka sodержaniya flavonoidov v krasnostebel'nom sorte grechih v razlichnyh fazah razvitiya // Medicinskij vestnik Bashkortostana. 2006. № 1, t. 4. S. 173–175.
5. Grechih kak istochnik flavonoidov / V.E. Kiselev [i dr.]. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1985. 97 s.
6. Kreft Ivan, Ikeda Kijokazu, Ikeda Saeko, Vombergar Blanka. Razrabotka funkcional'no novyh produktov pitaniya na osnove grechih obyknovennoj i tatarskoj // Vestnik OrelGAU. 2010. № 4 (25). S. 15–17.

7. Osobennosti tehnologii svezheprorosshego grechishnogo soloda / A.S. Trocenko [i dr.] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2012. № 4. S. 10–13.
8. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M: Kolos, 1971. 238 s.
9. Dospetov B.A. Metodika polevogo opyta. M: Kolos, 1985. 236 s.
10. Klykov A.G. Biologicheskie resursy vidov roda *Fagopyrum* Mill. (Grechiha) na Rossijskom Dal'nem Vostoke (taksonomiya, himicheskij sostav, vozmozhnosti ispol'zovaniya, kul'tivirovanie): dis. ... d-ra biol. nauk. Vladivostok, 2013. 365 s.
11. Osobennosti `evolyucii i puti selekcii yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Zapadnoj Sibiri / V.A. Zykin [i dr.] // Doklady Rossel'hozademii. 2001. № 1. S. 3–5.

Статья принята к публикации 04.05.2022 / The article accepted for publication 04.05.2022.

Информация об авторах:

Флюра Фаатовна Магафурова¹, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур, кандидат сельскохозяйственных наук
Валир Вакилович Хуснутдинов², главный агроном лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур

Information about the authors:

Flyura Faatovna Magafurova¹, Leading Researcher, Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Legumes and Groats, Candidate of Agricultural Sciences
Valir Vakilovich Khusnutdinov², Chief Agronomist at the Laboratory of Selection and Primary Seed Production of Legumes and Cereals

