

На морфологическом уровне отрицательного влияния локуса *Blp1* на показатели продуктивности растений выявлено не было.

Таким образом, в ходе исследования были выявлены гены, контролирующих синтез меланиновых пигментов в колосе ячменя, и их перспективные комбинации, в том числе с другими генами, для проведения селекции на качество зерна.

Финансирование: работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-76-10024.

Список литературы

- 1 Glagoleva A.Y., Shoeva O.Y., Khlestkina E.K. Melanin pigment in plants: current knowledge and future perspectives // Front. Plant Sci. 2020. V. 11. № 770, P. 1–7.
- 2 Школьников М.Н., Кадрицкая Е.А. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2020. № 4. С. 22–28.
- 3 Shoeva O.Y., Mursalimov S.R., Gracheva N.V., Glagoleva A.Y., Börner A., Khlestkina E.K. Melanin formation in barley grain occurs within plastids of pericarp and husk cells // Sci. Rep. 2020. V. 10. № 179. P. 1–9.
- 4 Druka A., Franckowiak J., Lundqvist U., Bonar N., Alexander J., Houston K., Radovic S., Shahinnia F., Vendramin V., Morgante M., et al. Genetic dissection of barley morphology and development // Plant Physiol. 2011. V. 155. P. 617–627.
- 5 Glagoleva A., Kukoeva T., Mursalimov S., Khlestkina E., Shoeva O. Effects of combining the genes controlling anthocyanin and melanin synthesis in the barley grain on pigment accumulation and plant development // Agronomy. 2022. V. 12. № 112. P. 1–12.
- 6 Mursalimov S., Glagoleva A., Khlestkina E., Shoeva O. Chlorophyll deficiency delays but does not prevent melanogenesis in barley seed melanoplasts // Protoplasma. 2022. V. 259. P. 317–326.
- 7 Glagoleva A.Y., Kukoeva T.V., Khlestkina E.K., Shoeva O.Y. Polyphenol oxidase genes in barley (*Hordeum vulgare* L.): functional activity with respect to black grain pigmentation // Front. Plant Sci. 2024. V. 14. № 1320770. P. 1–12.

DOI 10.18699/GPB2024-107

Результаты селекции гороха на повышение урожайности в Татарском НИИСХ

*Шурхаева К.Д.**, к.с.-х.н. с.н.с.; *Хуснутдинова А.Т.* к.с.-х.н., н.с.; *Абросимова Т.Н.*, н.с.
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный
исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»,
Казань, Россия

*email: shurhaeva.k@yandex.ru

За три года исследования выявлены особенности различных морфологических групп сортов гороха по формированию урожайности в зависимости от погодных условий. В годы исследования обнаружена положительная взаимосвязь урожайности от продолжительности вегетационного периода ($r=0,44^{**}$, $r=0,54^{**}$). Селек-

ционную и практическую ценность для зернового использования имеют усатые генотипы Нарат, Салават, КТ-6646, КТ-6650 с лущильными бобами (PV) и Фрегат, Велес, Средневожский 2, Купидон, Кабан тонкими створками (pV, Pv), сочетающие высокий уровень урожайности и устойчивость к полеганию.

Ключевые слова: горох, урожайность, вегетационный период, высота, корреляционный анализ.

Results of pea breeding for yield increase at the Tatar Research Institute of Agriculture

*Shurkhaeva K.D. *, Khusnutdinova A.T., Abrosimova T.N.*

Tatar Research Institute of Agriculture Federal Research Center "Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences", Kazan, Russia

**email: shurhaeva.k@yandex.ru*

*For three years of research the features of different morphological groups of pea varieties on formation of yield depending on weather conditions were revealed. A positive relationship between yield and growing season length was found in the years of study ($r=0.44^{**}$, $r=0.54^{**}$). Of breeding and practical value for grain use are mustached genotypes Narat, Salavat, KT-6646, KT-6650 with peeling beans (PV) and Fregat, Veles, Srednevolzhsky 2, Kupidon, Kaban with thin flaps (pV, Pv), combining a high level of yield and resistance to lodging.*

Key words: peas, yield, growing season, height, correlation analysis.

Значительная роль в повышении урожайности и увеличении валовых сборов зерна гороха принадлежит селекции новых сортов [1]. Создание сортов с внедрением в генотип аллелей короткостебельности (le), безлисточковости (af), позволяет обеспечить уборку гороха способом прямого комбайнирования и определяет их устойчивость к полеганию [2–4]. Наибольший успех в селекции на повышение урожайности достигнут за счет создания сортов, характеризующихся частичным пергаментным слоем в створках боба (pV, Pv) и сохраняется вдоль верхнего и нижнего шва. Сорты представленного генотипа обладают устойчивостью к растрескиванию бобов и осыпанию семян и отличаются высокими адаптивными свойствами [6].

Целью исследований являлось выявление хозяйственно ценных признаков сортов гороха, влияющие на повышение урожайности.

Методика исследований. В качестве объектов изучены 17 перспективных образцов и 12 сортов гороха собственной селекции, с различной формой листа и боба, высеванных в питомнике конкурсного сортоиспытания за период 2021–2023 гг. Полевую оценку проводили согласно методике Госортокомиссии (2019). Достоверность полученных результатов доказана с помощью однофакторного дисперсионного, корреляционного анализа (Доспехов, 2011). За годы исследования погодные

условия значительно различались по распределению влагообеспеченности и температурного режима. В 2021 году складывались остро засушливые условия за весь вегетационный период. В 2022–2023 гг. на фоне достаточного увлажнения в первой и второй фазе вегетации растений среднесуточная температура была выше нормы.

Результаты и обсуждение. За три года исследования выявлены особенности различных морфологических групп сортов гороха по формированию урожайности в зависимости от погодных условий. В засушливых условиях большинство сортообразцов усатого морфотипа и ярусной гетерофилией листа с луцильными бобами имели низкий уровень урожайности 0,84–1,38 т/га.

Таблица 1–Характеристика генотипов гороха по урожайности, 2021–2023 гг.

Генотип		Урожайность, т/га предел		
лист	боб	2021	2022	2023
Ватан ст.	<i>PV</i>	1,00	2,38	2,82
<i>af</i>		0,86–1,38	2,25–2,89	2,34–3,60
<i>T₁₋₃ (af-tac)</i>		0,84–1,29	2,42–2,47	2,66–3,01
<i>af</i>	<i>pV Pv</i>	1,20–2,25	2,23–2,79	2,86–3,44
Кабан ст.		1,28	2,76	3,24
<i>Af</i>		1,14	2,82	3,32
	<i>PV</i>	0,85–1,21	2,17–2,70	2,65–2,89
НСР ₀₅		0,197	0,177	0,188

Достоверную прибавку имел безлисточковый образец КТ-6674 (0,38 т/га) и гетерофильная форма КТ-6681 (0,29 т/га). В годы достаточного увлажнения в период налива семян (2022 г.) и линейного роста растений (2023 г.) из возделываемых сортов максимального уровня урожайности генотипы достигли сорта Нарат и Салават со значением показателя 2,83–2,89 т/га и 3,07–3,04 т/га (табл. 1). В 2023 году среди перспективных образцов лучшим оказался КТ-6638 с урожайностью 3,60 т/га.

Высокой степенью засухоустойчивости характеризовались генотипы с частичной деформацией формирования лигнина в створках боба максимально до 2,25 т/га. Также лучшими оказались сорта Велес, Средневожский 2, Купидон (1,40; 1,79 т/га). В 2022 году отмечено снижение потенциала урожайности у некоторых беспрегаментных форм из-за прошедших ливневых дождей в фазе налива семян, что привело к поражению их болезнями. В 2023 году преимущество по реализации урожайности на максимально высоком уровне до 3,44 т/га имел сорт Средневожский 2. Среди листочковых форм стандартный сорт Кабан с тонкими створками боба имел преимущество по сравнению с аналогичными сортами в засушливых условиях, а в благоприятные годы незначительно уступал образцу КТ-6686.

Данные по продолжительности вегетации указывают, что генотипы усатой группы с луцильными бобами относятся в одну группу спелости со стандартом, но с тенденцией увеличения на 2–3 суток. Большинство образцов представленной группы отличались короткостебельным стеблем в зависимости от года исследования в пределах 42–50 см; 45–57; 48–56 см. Среднерослые образцы КТ-6682, КТ-6664,

КТ-6674 с высотой стебля в среднем 67, 71, 76 см что в меняющихся условиях среды, особенно в годы с избыточным увлажнением будет определять снижение устойчивости к полеганию.

Морфологическая группа сортов с наличием тонких створок боба выделялись наиболее продолжительным периодом вегетации, превышающие стандарт на 4–5 суток. В 2023 году вегетационный период суток у трех перспективных образцов КТ-6649, КТ-6696, КТ-6679 и сорта Велес максимально составлял 74 суток (табл. 2).

Таблица 2 – Хозяйственные и биологические свойства сортов гороха 2021–2023 гг.

Генотип		Число суток вегетации			Высота растения, см		
лист	боб	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Ватан ст.	<i>PV</i>	55	62	69	45	48	52
<i>af</i>		54–58	59–64	69–72	42–63	45–74	48–74
<i>T₁₋₃ (af-tac)</i>		56–58	62–67	69–74	40–79	45–75	68–75
<i>af</i>	<i>pVили Pv</i>	57–59	64–66	71–74	50–74	47–70	56–77
Кабан ст.		57	63	71	56	47	58
<i>Af</i>		57	65	73	60	55	66
	<i>PV</i>	54–59	59–67	68–75	49–80	43–75	50–72

Более ранним завершением фазы всходы–полное созревание по отношению к стандарту и в сравнении с аналогичными формами гороха на 2–3 суток отличались генотипы Фрегат, Купидон и Средневолжский 2 с продолжительностью в среднем до 64 суток.

Среднерослые сорта Фрегат, Велес и новые генотипы Купидон и КТ-6649 даже в засушливых условиях достигали высоты 68,0–74,0 см, в условиях достаточного увлажнения в фазе всходы-цветение до 75,0–77,0 см и представляют интерес для использования на зерноукосные цели.

Листочковые сортообразцы Тан и КТ-6700 с более ранним и поздним сроком созревания на 4 суток по отношению к стандарту при высоте стебля в благоприятные годы до 68,0–75,0 см уступали по устойчивости к полеганию формам усатого морфотипа. К короткостебельной группе относились возделываемые сорта Венец с лущильными бобами, Кабан и перспективный образец КТ-6686 с тонкими створками боба, высота стебля в среднем по годам составляла 47,0; 54,0; 60,0 см.

Проведенным корреляционным анализом основных селекционно ценных показателей (урожай, вегетационный период, высота растений) обнаружены направленности взаимосвязей в общем наборе конкурсного сортоиспытания.

В засушливых условиях 2021 года выявлена положительная зависимость урожайности от продолжительности вегетационного периода ($r=0,44^{**}$) и длины растений ($r=0,69^{**}$). Отмечена одинаковая положительная зависимость между длиной растений и вегетационным периодом ($r=0,52^{**}$).

В 2022 и 2023 годы корреляционный анализ показал, что образцы с небольшим отклонением продолжительности вегетационного периода от стандарта в пределах

3–4 суток реализовали потенциал урожайности на более высоком уровне ($r=0,54^{**}$).

Селекционную и практическую ценность для зернового использования имеют короткостебельные усатые образцы с лущильными бобами (*PV*) КТ-6646, КТ-6650 Нарат, Салават сочетающие высокий уровень урожайности, устойчивости к полеганию (табл. 3).

Таблица 3 – Ценные генотипы гороха с лущильными бобами, 2021–2023 гг.

Сорта, образцы	Урожайность, т/га	Вегетационный период, сут.	Высота растения, см
Ватан ст.	1,00–2,82	55–69	45–52
Нарат	1,17–3,04	57–72	50–55
Салават	0,98–3,07	56–70	44–52
6650	1,21–2,92	57–70	44–53
6646	1,20–3,24	58–72	43–55

Высокоурожайные безлисточковые образцы с деформацией формирования лигнина (*pV*, *Pv*) Фрегат, Велес, Средневожский 2, Купидон, КТ-6696, КТ-6679, КТ-6689, Кабан (обычный тип листа) с более продолжительным вегетационным периодом обеспечивают устойчивость к растрескиванию бобов, засухоустойчивость (табл. 4).

Таблица 4 – Ценные генотипы гороха с беспергаментными бобами, 2021–2023 гг.

Сорта, образцы	Урожайность, т/га	Вегетационный период, сут.	Высота растения, см
усатый max-min			
Ватан ст.	1,00–2,82	55–69	45–52
Фрегат	1,20–2,86	57–72	57–69
Велес	1,40–3,07	59–74	57–75
Средневожский 2	1,40–3,44	57–71	50–65
Купидон	1,76–3,06	57–71	68–77
6696	2,15–3,19	59–74	55–63
6649	2,25–3,24	59–74	58–74
6679	1,81–3,32	58–74	50–62
6689	1,87–3,09	58–72	50–65
листочковый max-min			
Кабан	1,28–3,24	57–71	47–58

В результате селекционной работы выделенные селекционные достижения и перспективные линии представляют практическую ценность для решения проблемы повышения производства гороха.

Список литературы

- 1 Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Магафуров Ф.Ф. Сравнительное изучение хозяйственно-биологических признаков у сортов гороха, созданных в Республике Башкортостан за последние 30 лет // Известия Оренбургского ГАУ. 2020. № 4 (84). С. 72–77.
- 2 Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А., Кононова М.Е. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 1 (33). С. 156–161.

- 3 Шакирзянова М.С., Шагаев Н.А. Результаты селекции гороха посевного в Ульяновском НИИСХ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2 (46). С. 10–18.
- 4 Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н. Абросимова Т.Н., Кириллова Е.С., Сайфутдинова Д.Д. Новый сорт гороха Нарат с ценными свойствами по качеству белка // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4 (48). С. 156–161.
- 5 Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д. Адаптивные свойства сортов гороха посевного селекции Татарского НИИСХ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). С. 5–14.

DOI 10.18699/GPB2024-108

Анализ репитома вида *H. flavescens* рода *Hedysarum* и поиск перспективных хромосомных маркеров

Юркевич О. Ю. *, к.б.н., с.н.с.; Саматадзе Т. Е., к.б.н., с.н.с.; Семенов А.Р., ст. лаб.;
Зошчук С.А., к.б.н., н.с.; Амосова А.В., к.б.н., в.н.с.; Муравенко О.В., д.б.н., гл.н.с.

ФГБУН Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Москва,
Россия

*email: olikys@gmail.com

На основе NGS данных геномной ДНК проведен биоинформатический анализ репитома вида *Hedysarum flavescens* Rgl. et Schmalh. сек. *Hedysarum* рода *Hedysarum* с помощью программы RepeatExplorer2/TAREAN. Изучена структура выявленных сателлитных ДНК и проведено их FISH-картирование на метафазных хромосомах *H. flavescens*. Определены кластерно локализованные тандемные повторы, которые можно использовать как хромосомные маркеры.

Ключевые слова: *Hedysarum* L., репитом, тандемные повторы, FISH анализ, хромосомный полиморфизм.

Repeatome analysis of the *Hedysarum flavescens* genome and search for promising chromosomal markers

Yurkevich O.Yu. *, Samatadze T.E., Semenov A.R., Zoshchuk S.A., Amosova A.V.,
Muravenko O.V.

Engelhardt Institute of Molecular Biology, RAS, Moscow, Russian Federation.

*email: olikys@gmail.com

In the present study, the repeatome of *H. flavescens* was studied using high-throughput sequencing technologies, and a subsequent bioinformatic analysis of the identified repeat elements was carried out using the RepeatExplorer2 and Tandem Repeat Analyzer (TAREAN) software. Several satellite DNAs, which can be used as chromosomal markers, were revealed. FISH-based chromosome localization of these marker tandem repeats was demonstrated in the karyotype of *H. flavescens*.

Key words: next-generation sequencing (NGS), *Hedysarum* L., repeatome, tandem DNAs, FISH analysis, chromosome variability.