

Формирование белка и пищевые достоинства перспективных линий гороха в лесостепи Среднего Поволжья

А. И. Катюк¹✉

¹ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, Самара, Россия

✉ E-mail: kai.bez@yandex.ru

Аннотация. Опыты проведены в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018–2020 гг. **Цель исследований** – оценка перспективных линий гороха по пищевым качествам семян для создания новых сортов для условий Среднего Поволжья. **Методология и методы исследования.** Материалом для исследования служило 6 перспективных линий гороха питомника КСИ. Пищевые достоинства линий оценивали по признакам: содержание белка в семенах и его состав, время варки семян, коэффициент разваримости семян, вкус вареных семян. Для роста и развития гороха метеоусловия 2018 и 2019 гг. были засушливыми, а 2020 г. – умеренными. **Результаты.** Уровень содержания белка в семенах линий определялся внешними факторами среды, особенно погодными условиями в фазу налива бобов. Больше белка накапливалось в семенах, если в налив бобов наблюдалась засушливость. Отмечена положительная корреляция белковости семян и среднесуточной температуры воздуха в налив бобов ($r = 0,944$) и отрицательная корреляция с осадками за аналогичную фазу культуры ($r = 0,986$). В среднем за годы наблюдений линии не уступали по белку стандарту Самариус, но соответствовали стандартному значению сортов ценных по качеству (не ниже 24,0 %). На уровне со стандартом по белковости семян (25,6 %) были линии: Б3737/2-2 (25,2 %), Кт6575 (25,8 %) Кт6358 (24,9 %). Эти линии характеризовались большим количеством по сравнению со стандартом водорастворимой фракцией белка: Кт6575 (16,9 %), Кт6358 (16,6 %), Б3737/2-2 (16,9 %). Высокие кулинарные качества показали линии Б3737/2-2 и Кт6575 (время варки семян – 110–122 мин., коэффициент разваримости – 2,5–2,6 ед.). Вкус вареных семян у всех линий был хорошим на уровне 4–5 баллов. **Научная новизна.** За высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2, Кт6575, Кт6358 предполагается использовать как источники новых сортов.

Ключевые слова: горох (*Pisum sativum* L.), сорт, качество, разваримость, белок, вкус, аминокислоты.

Для цитирования: Катюк А.И. Формирование белка и пищевые достоинства перспективных линий гороха в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 41–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-41-49.

Дата поступления статьи: 29.09.21, **дата рецензирования:** 19.10.21, **дата принятия:** 04.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Для полноценной жизнедеятельности человеку нужны белки, которые он может получить как из животной, так и из растительной пищи. Наибольшим источником растительного белка являются зернобобовые культуры. Особое место среди них в России занимает горох, так как является традиционной пищевой культурой. Его используют в вареном виде в супах и кашах, а также в консервированном виде.

На Руси горох появился примерно в VI веке до нашей эры. Документальное подтверждение его выращивания датируется 1674 г. В XVIII веке его выращивали по всей территории Руси в больших количествах на полях, а также на небольших огородах [1].

В последнее время в пищевой промышленности развитых стран мира увеличился спрос на продовольственный горох. Популярность горохового белка вызвана его хорошей усвояемостью организмом, низкой

гипоаллергенностью, статусом не ГМО, незагрязненностью производства [2, с. 31], [3, с. 187], [4]. Горох является источником безопасного для здоровья человека пищевого белка, который идеально подходит для устойчивого производства продуктов питания. Поэтому он пользуется спросом у потребителей, ведущих вегетарианский образ жизни и ищущих экологически чистый продукт [2], [3, с. 187].

Вместе с тем в хозяйственном использовании очень мало ценных пищевых сортов гороха. В Государственном реестре селекционных достижений допущенных к использованию на 2021 г. сортов гороха посевного ценных по качеству 29 % (48 из 168 сортов). За последние четыре года из 38 вновь включенных в реестр всего 10 ценных по качеству сортов (26 %). Это связано с тем, что при создании новых сортов гороха большее внимание уделяется селекции на высокую урожайность зерна, технологичность,

устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды [5, с. 31], [6, с. 31]. Селекции на качество при этом уделяется меньше внимания, поскольку это очень сложная, длительная работа.

Сложности заключаются в том, что пищевые признаки гороха (содержание белка в семенах, разваримость) сильно подвержены условиям среды и зачастую отрицательно коррелируют с урожайностью зерна [7, с. 22], [8, с. 61], [9, с. 36].

Разорвать обратную зависимость урожайности от качества зерна – одна из задач в селекции гороха. Исследования в этом направлении позволили установить локусы количественных признаков, в которых идентифицированы гены высокой семенной продуктивности и качества семян. [10, с. 1], [11, с. 2], [12, с. 353].

В связи с востребованностью гороха на мировом рынке как экологически чистого продукта питания и полноценного источника белка, сбалансированного по аминокислотному составу, актуальным является создание ценных сортов продовольственного назначения.

Цель настоящего исследования – оценить перспективные линии гороха зернового питомника КСИ по пищевым качествам семян и выявить лучшие для создания новых сортов для условий Среднего Поволжья.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в Самарском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018–2020 гг. Исходным материалом служили 6 перспективных линий зернового гороха из питомника КСИ. Из 6 линий 4 (Б3583/11, Б3729/12, Б3737/2-2, Б3736/2-1) принадлежат Самарскому НИИСХ, а 2 линии (Кт6358, Кт6575) – Татарскому НИИСХ (ФИЦ КазНЦ РАН). Линии, полученные от Татарского НИИСХ, изучались в рамках совместной селекционной программы по созданию сортов гороха с широкой экологической адаптацией к условиям Средневолжского региона. Все линии – усатого с укороченным стеблем морфотипа. Характеризуются высокой пригодностью к механизированной уборке.

Пищевые достоинства линий оценивали по признакам: содержание белка в семенах, содержание водорастворимой фракции белка, аминокислотный состав семян, разваримость семян, вкус вареных семян.

Стандартом был сорт Самариус. Этот сорт принят за стандарт госкомиссией по сортоиспытанию в Самарской области. Самариус характеризуется стабильным накоплением белка в семенах на уровне 25–27 %, хорошими пищевыми и технологическими качествами при переработке зерна на крупу.

Содержание белка в семенах определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91). Белковые фракции зерна экстрагировали обессоленной водой, 10-процентным раствором хлористого калия, 70-процентным раствором этанола и 0,2-процентным раствором гидроксида натрия. Кулинарная оценка семян проводилась с определением коэффициента разваримости,

времени варки и вкуса семян, согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, технологическая оценка зерновых крупяных и зернобобовых культур. Аминокислотный состав семян определяли на аминокислотном анализаторе NIR4250. Питательную ценность белков рассчитывали по химическому скору с использованием шкалы ФАО/ВОЗ.

Исследование биохимических показателей и пищевых достоинств семян линий проводили в лаборатории технолого-аналитического сервиса Самарского НИИСХ. Аминокислотный состав семян определяли в Самарском ГАУ в 2020 г.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа на компьютере с использованием пакета статистических программ AGROS.

Метеорологические условия для роста и развития гороха за годы испытания линий различались по количеству осадков и среднесуточных температур воздуха.

Для гороха 2018 г. по гидротермическому режиму был засушливым, ГТК составил 0,3. За вегетацию культуры (59 дней) наблюдался острый дефицит осадков, который составил 68,5 мм, среднемноголетнее количество осадков за аналогичный период составляло 85,2 мм. От всходов и до цветения культуры (третья декада мая – вторая декада июня) была прохладная погода. Среднесуточная температура воздуха за указанный период была ниже многолетних значений на 0,8, 4,0 и 2,5 °С соответственно в каждой из трех декад. Средняя температура в течение периода «цветение – налив бобов» гороха была на 4,0–4,1 °С выше среднемноголетней, а в период «налив бобов – спелость» – на 1,7 °С.

В 2019 г. за период вегетации гороха (58 дней) выпало 23,0 мм осадков, среднесуточная температура воздуха составила 19,3 °С, а ГТК – 0,20. По ГТК период вегетации гороха характеризуется как засушливый. Однако осадки первой декады мая (22,8 мм, что на 14 мм больше многолетнего значения) и прохладная погода в период образования завязи и до спелости культуры в сочетании с достаточными запасами почвенной влаги благоприятствовали хорошему наливу семян. Среднесуточная температура воздуха во вторую – третью декады июня была ниже многолетних значений на 0,1, 0,4 °С, а подекадно в июле ниже на 1,3, 1,0 и 1,6 °С.

Климатические условия 2020 г. для гороха можно охарактеризовать как умеренные. За вегетацию культуры (69 дней) выпало 62,7 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха составила 18,3 °С, а ГТК – 0,47. Период «всходы – цветение» гороха характеризуется как засушливый. ГТК составил 0,57. За фазу выпало 34,2 мм осадков, что на 12,1 мм меньше многолетнего значения. Несмотря на дефицит влаги, горох развивался хорошо за счет невысокой среднесуточной температуры воздуха которая за этот период составила 15,8 °С и достаточных запасов влаги ме-

тровоого слоя почвы – 101,2 мм. Период «цветение – налив» для гороха проходил при более благоприятных условиях, чем предыдущий. В фазу образования завязи гороха (вторая декада июня) выпали осадки в количестве 20,2 мм, что на 2,3 мм больше многолетней нормы. Среднесуточная температура воздуха за период была невысокой и составила 18,8 °С. Такие условия способствовали хорошему наливу бобов.

Результаты (Results)

Урожайность зерна линий за годы конкурсного испытания по сравнению со стандартом была на уровне или выше. Так, в среднем за 2018–2020 гг. линии превышали стандарт по урожайности зерна на 0,18–0,38 т/га при средней урожайности стандарта 2,58 т/га. Лучшими по рассматриваемому признаку в среднем за три года были линии Б3737/2-2 (2,96 т/га), Б3737/2-1 (2,85 т/га) и Б3729/12 (2,80 т/га), превысившие стандарт на 0,22–0,38 т/га, или на 9–15 %.

Содержание белка в зерне в большей степени зависело от климатических условий выращивания. Исследования показали, что доля изменчивости содержания белка в семенах линий в среднем по годам (2018–2020 гг.) составила 85 %, тогда как доля изменчивости по генотипам составила 12 %, а доля генотипсредовой изменчивости признака – 3 %.

Содержание белка в семенах в среднем по линиям гороха варьировало от 27,3 % в 2018 г. до 23,3 % в 2020 г. При этом в более засушливом 2018 г. линии в среднем накапливали на 2,6–4,0 % белка больше по сравнению с менее засушливыми 2019 и 2020 гг. (таблица 1).

Несмотря на то что в целом больше белка в семенах было в 2018 г., достоверные различия по белку между линиями были выявлены лишь в 2020 г. Наибольшее количество белка в семенах было у стандарта Самариус (24,6 %) и линий Б3583/11 (24,2 %), Кт6575 (23,9 %).

В среднем за три года наблюдений количество белка в семенах линий составило 25,0 % с вариациями по линиям от 24,1 % до 25,8 %. Ни одна из линий не превысила стандарт по белку, у которого этот признак составил 25,6 %. На уровне стандарта по белку были линии Б3737/2-2 (25,2 %), Кт6575 (25,8 %) и Кт6358 (24,9 %).

Накопление белка в семенах гороха происходит в фазу налива семян, поэтому было интересно проанализировать, какие климатические условия существовали в фазу налива семян в годы исследования. В 2018 г. в период налива бобов культуры выпало 5,1 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха составила 25,6 °С. В 2019 г. в аналогичную фазу развития гороха выпало на 8,4 мм осадков больше (13,5 мм.), а среднесуточная температура воздуха была на 5,6 °С меньше (20,0 °С) по сравнению с 2018 г. В 2020 г. в фазу налива бобов выпало 27,7 мм осадков (на 22,6 мм больше, чем в 2018 г.), а среднесуточная температура воздуха составила 18,8 °С (на 6,8 °С меньше, чем в 2018 г.). Коэффициент корреляции между накоплением белка в семенах и среднесуточной температурой воздуха в фазу налива бобов был высоким, положительным ($r = +0,944$), а между накоплением белка в семенах и количеством осадков – высоким,

Таблица 1
Количество белка в семенах линий гороха

Сорт/линия	2018 год	2019 год	2020 год	Среднее
Самариус	28,1	24,3	24,6	25,6
Б3583/11	27,8	25,0	24,2	25,6
Б3729/12	26,7	24,1	22,5	24,4
Б3737/2-2	27,5	25,0	23,1	25,2
Б3736/2-1	26,2	23,8	22,6	24,1
Кт6358	27,0	24,9	22,7	24,9
Кт6575	27,7	25,7	24,0	25,8
Средняя	27,3	24,7	23,3	25,1
НСР	$F\phi < F_T$	$F\phi < F_T$	0,61	0,66

Table 1
The amount of protein in the seeds of pea lines

Variety/line	2018	2019	2020	Average
Samarius	28.1	24.3	24.6	25.6
B3583/11	27.8	25.0	24.2	25.6
B3729/12	26.7	24.1	22.5	24.4
B3737/2-2	27.5	25.0	23.1	25.2
B3736/2-1	26.2	23.8	22.6	24.1
Kt6358	27.0	24.9	22.7	24.9
Kt6575	27.7	25.7	24.0	25.8
Average	27.3	24.7	23.3	25.1
LSD	$Ff < Ft$	$Ff < Ft$	0.61	0.66

отрицательным ($r = -0,986$). То есть при большей температуре воздуха и меньшем количестве осадков в период налива бобов культуры количество белка в семенах повышалось. К аналогичным выводам пришли М. Fagooc с соавторами [13, р. 994] и С. Dürr с соавторами [14, р. 384]. Как утверждают исследователи, во время налива семян стрессовые условия приводят к снижению сухой массы семени и повышению концентрации белка.

Госсорткомиссия относит сорта гороха к ценным по пищевым качествам, у которых содержание белка в семенах не ниже 24 %. Следовательно, все линии питомника КСИ по белку можно отнести к высококачественным.

Оценка пищевых качеств семян гороха по общему содержанию белка не всегда объективна. Большое значение для питания имеют запасные белки, которые у гороха представлены в виде альбуминов, глобулинов, нерастворимого белка. Альбумины растворимы в воде, хорошо усваиваются организмом человека и животных, сбалансированы по аминокислотному составу, поэтому имеют лучший питательный статус. Их содержание от общего белка в зерне гороха, по данным разных авторов, колеблется от 20–25 % [15, с. 409] до 36–87 % [16, с. 35–36].

Наблюдения показали, что количество водорастворимой фракции белка (альбумина) в семенах линий гороха было связано с генотипсредовым взаимодействием. То есть на количество альбумина оказали влияние как условия среды, так и генотипические особенности селекционного материала. Так, больше альбуминовой фракции белка в среднем по годам было у линий в 2018 и 2019 гг. – 17,4 и 16,3 % соответственно. По сравнению с 2020 г. разница составила 4,1 % (2018 г.) и 3,4 % (2019 г.) (таблица 2).

Наибольшее количество альбуминовой фракции белка в среднем по годам было у линий Б3737/2-2 (16,9 %), Кт6358 (16,6 %), Кт6575 (16,9 %). У этих линий отмечена самая высокая доля водорастворимого белка в общем его количестве: 65% (Кт6575), 67 % (Кт6358, Б3737/2-2). У стандарта Самариус в среднем за три года содержание водорастворимого белка составило 15,7 %, что на 0,9–1,2 % меньше среднего значения лучших линий.

Пищевая ценность горохового белка определяется сбалансированным содержанием незаменимых аминокислот и отношением его к идеальному белку (белок куриного яйца). У изучаемых линий гороха было определено содержание аминокислот в белке семян, а также был рассчитан аминокислотный скор, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 2

Количество водорастворимого белка и его доля в общем белке в семенах линий гороха

Сорт/линия	Год			Среднее	Доля водорастворимой фракции белка в общем белке. В среднем за годы, %
	2018	2019	2020		
Самариус	17,3	16,6	13,3	15,7	61
Б3583/11	17,8	15,9	13,6	15,8	61
Б3729/12	14,2	13,7	12,2	13,4	55
Б3737/2-2	18,7	17,9	14,1	16,9	67
Б3736/2-1	15,6	15,0	11,7	14,1	58
Кт6358	19,1	17,4	13,4	16,6	67
Кт6575	19,6	17,9	13,1	16,9	65
Средняя	17,4	16,3	13,1		
НСР	1,3	1,1	1,2	$F\phi < F\tau$	

Table 2

The amount of water-soluble protein and its share in the total protein in the seeds of pea lines

Variety/line	Year			Average	The proportion of the water-soluble protein fraction in the total protein. On average over the years, %
	2018	2019	2020		
Samarius	17.3	16.6	13.3	15.7	61
B3583/11	17.8	15.9	13.6	15.8	61
B3729/12	14.2	13.7	12.2	13.4	55
B3737/2-2	18.7	17.9	14.1	16.9	67
B3736/2-1	15.6	15.0	11.7	14.1	58
Kt6358	19.1	17.4	13.4	16.6	67
Kt6575	19.6	17.9	13.1	16.9	65
Average	17.4	16.3	13.1		
LSD	1.3	1.1	1.2	$F\phi < F\tau$	

Сорт/линия	Лейцин + изолейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Фенилаланин + тирозин	Треонин	Валин
Самариус	73	127	48	70	58	82
Б3583/11	65	82	46	65	53	62
Б3729/12	74	94	60	77	38	70
Б3737/2-2	52	96	54	55	53	66
Б3736/2-1	55	102	57	55	50	66
Кт6575	53	78	43	55	38	58
Средняя	62	97	51	63	48	67

Table 3

Chemical score of pea grain, %

Variety/line	Leucine + Isoleucine	Lysine	Methionine + Cysteine	Phenylalanine + Tyrosine	Threonine	Valine
Samarius	73	127	48	70	58	82
B3583/11	65	82	46	65	53	62
B3729/12	74	94	60	77	38	70
B3737/2-2	52	96	54	55	53	66
B3736/2-1	55	102	57	55	50	66
Kt6575	53	78	43	55	38	58
Average	62	97	51	63	48	67

Наиболее близко белок линий приближался к идеальному белку по лизину. Скор по лизину в среднем по линиям составил 97 %, а самым высоким был у стандарта Самариус (127 %) и линии Б3736/2-1 (102 %). Чуть выше половины нормы (51–67 %) химический скор зерна линий был по метионину + цистеину, лейцину + изолейцину, фенилаланину + тирозину и Валину. В минимуме (48 %) химический скор был по треонину. По ряду аминокислот больший химический скор был у линии Б3729/12 (лейцин + изолейцин – 74 %, метионин + цистеин – 60 %, фенилаланин – 77 %), а также у стандарта Самариус (лизин – 127 %, треонин – 58 %, валин – 82 %).

В России горох как продукт питания традиционно потребляется в вареном виде в супах и кашах. Поэтому оценка разваримости и вкуса вареных семян является обязательной при включении сортов гороха Госсорткомиссией в список ценных по качеству.

Способность быстро и одновременно развариваться играет важную роль в оценке кулинарного достоинства зерна гороха. Чем меньше время варки и чем больше коэффициент разваримости, тем лучше пищевые достоинства семян.

Если коэффициент разваримости семян выше 2,4 ед., то разваримость считается отличной. Хорошая разваримость – при коэффициенте 2,0–2,4, а удовлетворительная – при значении ниже 2,0 [16, с. 37]. При этом для включения сорта в список ценных по качеству время варки семян должно составлять не более 160 минут, а вкус вареных семян должен быть приятным.

Наши исследования показали, что продолжительность варки и коэффициент разваримости семян сильно зависели от условий года и генетических особенностей линий (таблица 4).

Анализ взаимодействия «генотип – среда» показал, что изменчивость признака «время варки семян» в большей степени зависела от генетических особенностей линий (доля генотипической изменчивости – 61 %), а признака «коэффициент разваримости семян» – от условий года (доля средовой изменчивости – 58 %).

Нами установлено, что высокая температура воздуха во время созревания семян положительно влияла на продолжительность их варки и коэффициент разваримости. Так, в 2018 г. в период созревания семян среднесуточная температура воздуха была 22,9 °С, при этом время варки семян линий в среднем составило 128 минут, а коэффициент разваримости семян – 2,6. В 2020 г. созревание гороха проходило при среднесуточной температуре 20,3 °С, время варки семян линий в среднем составило 152 минут, а коэффициент разваримости семян составил 2,3. В 2019 г. созревание линий проходило при среднесуточной температуре 19,1 °С, при этом время варки семян составило 159 минут, а коэффициент разваримости – 2,3. Полученные данные подтверждаются высокими отрицательными и высокими положительными коэффициентами корреляции. Коэффициент корреляции продолжительности варки семян и среднесуточной температуры воздуха составил –0,995. Коэффициент корреляции коэффициента разваримости семян и среднесуточной температуры воздуха составил +0,966.

Лучшими по разваримости семян за все годы испытаний по сравнению со стандартом были линии Б3737/2-2 (110–122 минут) и Кт6575 (107–126 минут). У стандарта Самариус этот признак варьировал по годам от 130 до 192 минут. Коэффициент разваримости семян в среднем за годы испытаний был высоким у линий Б3737/2-2 (2,5 ед.), Кт6575 (2,6 ед.), у стандарта Самариус он составил 2,2 ед.

Таблица 4
Кулинарная оценка линий

Сорт/линия	Продолжительность варки семян, мин.				Коэффициент разваримости семян, ед.			
	Год			Среднее	Год			Среднее
	2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Самариус	130	192	193	171	2,4	2,2	2,1	2,2
Б3583/11	137	177	163	159	2,6	2,2	2,4	2,4
Б3729/12	157	177	166	167	2,5	2,2	2,2	2,3
Б3737/2-2	110	122	118	116	2,8	2,3	2,4	2,5
Б3736/2-1	137	150	156	148	2,4	2,2	2,1	2,3
Кт6358	122	185	145	150	2,6	2,2	2,3	2,3
Кт6575	107	110	126	114	2,8	2,5	2,4	2,6
Средняя	128	159	152		2,6	2,3	2,3	
НСР	16	12	9		0,10	0,10	0,05	

Table 4
Culinary evaluation of pea lines

Variety/line	Duration of cooking of seeds, min.				The coefficient of solubility of seeds, un.			
	Year			Average	Year			Average
	2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Samarius	130	192	193	171	2.4	2.2	2.1	2.2
B3583/11	137	177	163	159	2.6	2.2	2.4	2.4
B3729/12	157	177	166	167	2.5	2.2	2.2	2.3
B3737/2-2	110	122	118	116	2.8	2.3	2.4	2.5
B3736/2-1	137	150	156	148	2.4	2.2	2.1	2.3
Kt6358	122	185	145	150	2.6	2.2	2.3	2.3
Kt6575	107	110	126	114	2.8	2.5	2.4	2.6
Average	128	159	152		2.6	2.3	2.3	
LSD	16	12	9		0.10	0.10	0.05	

Вкус – важный фактор при использовании гороха и гороховых ингредиентов в пищевых продуктах. В характерный аромат гороха существенный вклад вносят шесть ароматических соединений, а особенно 3-метилбутановая кислота и гексанал [17, с. 2718].

Вкус каши всех линий гороха и стандарта Самариус за годы испытаний был приятным, слегка сладковатым, без посторонних запахов, а консистенция каши – пюреобразной. В результате дегустации каши все линии получили высокую оценку 4–5 баллов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На накопление белка в семенах линий гороха сильное влияние оказывали условия среды. При этом сухая жаркая погода в период налива бобов способствовала большему накоплению белка. На количество водорастворимой фракции белка (альбумин) оказали влияние как условия среды, так и генотипические особенности селекционного материала. Выявлены линии (Б3737/2-2, Кт6358, Кт6575), не уступающие стандарту Самариус по содержанию белка в семенах и превышающие его по альбумину как в абсолютном значении, так и в процентах от общего белка.

Оценка кулинарных достоинств показала, что продолжительность варки семян зависела от генети-

ческих особенностей линий, а коэффициент разваримости семян – от условий года. Установлено, что высокая температура воздуха во время созревания линий положительно влияла на продолжительность варки и коэффициент разваримости семян. Высокую кулинарную оценку по рассматриваемым признакам получили линии Б3737/2-2 и Кт6575. Вкус каши всех линий был высоким на уровне 4–5 баллов.

Высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2 обусловлены генетическими задатками ее родителей. В происхождении линии Б3737/2-2 участвовал ценный по пищевым качествам сорт Флагман 10. Это высокобелковый сорт с быстрой разваримостью семян. Содержание белка у сорта Флагман 10 не снижается менее 24 %, а разваримость семян не превышает 120 минут. Следует отметить, что в происхождении сорта Флагман 10 участвовал сорт Куйбышевский, бывший когда-то эталоном качества в Госкомиссии по сортоиспытанию. Генетика высокого качества семян линий К6575 и Кт6358 нам неизвестна, поскольку оригинатор (Татарский НИИСХ) не раскрыл их происхождение.

За высокие пищевые достоинства линии Б3737/2-2, Кт6575, Кт6358 предполагается использовать как источники новых сортов.

Библиографический список

1. Шорин Е. История гороха в Европе и России [Электронный ресурс]. URL: <https://mysadiogorod.com/ovoshhi/istoriya-goroha-v-evrope-i-rossii> (дата обращения: 09.09.2021).
2. Krefting J. The Appeal of Pea Protein [Электронный ресурс]. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051227617301516> (дата обращения: 09.09.2021). DOI: 10.1053/j.jm.2017.06.009.
3. Taylor S. L., Marsh J. T., Koppelman S. J., et al. A perspective on pea allergy and pea allergens // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 116. Pp. 186–198. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.017.
4. Dhaliwal S. K., Salaria P., Kaushik P. Pea Seed Proteins: A Nutritional and Nutraceutical Update [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/349661558_Pea_Seed_Proteins_A_Nutritional_and_Nutraceutical_Update (дата обращения: 10.09.2021). DOI: 10.5772/intechopen.95323.
5. Жогалева О. С., Стрельцова Л. Г. Высота растения и устойчивость к полеганию сортов гороха под влиянием хелатных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2021. № 05 (208). С. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-31-39.
6. Майстренко О. А. Оценка перспективных линий гороха по пищевым качествам и урожайности зерна // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 31–34. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11128.
7. Браилова И. С., Филатова И. А., Юрьева Н. И. [и др.] Оценка перспективных сортообразцов гороха по качеству и взаимосвязь биохимических показателей с урожайностью и массой 1000 зерен // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 20–25. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11180.
8. Пахотина И. В., Омелянюк Л. В., Игнатъева Е. Ю., Асанов А. М. Особенности формирования содержания белка в зерне гороха в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-67.
9. Омелянюк Л. В., Пахотина И. В., Асанов А. М., Игнатъева Е. Ю. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30) С. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
10. Gali K. K., Sackville A., Tafesse E. G. Genome-Wide Association Mapping for Agronomic and Seed Quality Traits of Field Pea (*Pisum sativum* L.) // Frontiers in Plant Science 2019. Vol. 10. Pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2019.01538.
11. Gali K. K., Yong L., Anoop S., Marwan D., Arun S. K., Gene A., et al. Construction of high-density linkage maps for mapping quantitative trait loci for multiple traits in field pea (*Pisum sativum* L.) // BMC Plant Biology. 2018. Vol. 18 (1). Article number 2. DOI: 10.1186/s12870-018-1368-4.
12. Robinson G. H. J., Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 158. Pp. 353–362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020.
13. Farooq M., Nadeem F., Gogoi N., et al. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop & Pasture Science. 2017. Vol. 68 (11). Pp. 985–1005. DOI: 10.1071/CP17012.
14. Dürr C., Brunel-Muguet S., Girousse C., et al. Changes in seed composition and germination of wheat (*Triticum aestivum*) and pea (*Pisum sativum*) when exposed to high temperatures during grain filling and maturation // Crop and Pasture Science. 2018. Vol. 69 (4), Pp. 384–386. DOI: 10.1071/CP17397.
15. Бобков С. В., Уваров О. В. Разработка оптимального метода получения изолированных белков гороха для использования в селекции на качество // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. 21(4). С. 408–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.408-416.
16. Королев А. А., Урубков С. А., Коптяева И. С., Корнева Л. Я. Общая характеристика и применение в технологии пищекопцентратов зернобобовых растений // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007.
17. Bi S., Xu X., Luo D., et al. Characterization of Key Aroma Compounds in Raw and Roasted Peas (*Pisum sativum* L.) by Application of Instrumental and Sensory Techniques // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020. Vol. 68. Pp. 2718–2727. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07711.

Об авторах:

Анатолий Иванович Катюк¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур, ORCID 0000-0002-2630-8981, AuthorID 637655; +7 927 600-29-84, kai.bez@yandex.ru

¹ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, Самара, Россия

Protein formation and nutritional advantages of promising pea lines in the forest-steppe of the Middle Volga region

A. I. Katyuk¹✉

¹ Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia

✉ E-mail: kai.bez@yandex.ru

Abstract. The experiments were conducted at Samara Research Institute of Agriculture, a branch of the SamSC RAS in 2018–2020. **The purpose of the research.** Evaluation of promising lines of peas from the competitive variety trial nursery for the nutritional quality of seeds to create new varieties for the Middle Volga region. **Methodology and methods of research.** The material for the study was 6 promising lines of peas. The nutritional quality of the lines were evaluated according to the following characteristics: the protein content and composition in the seeds, the boiling time of the seeds, the seed cooking coefficient, and the taste of the boiled seeds. The peas grew and developed in dry (2018–2019) and moderate (2020) weather conditions. **Results.** The protein content in the seeds of the lines was determined by external environmental factors, especially the weather conditions during the bean filling phase. The seeds accumulated more protein when the weather was dry during the bean filling. The protein content of seeds had a positive correlation ($r = 0.944$) with the average daily air temperature, and a negative correlation ($r = 0.986$) with precipitation during the bean filling phase. On average, the lines had the same protein content as the Samarius standard but corresponded to the standard value of high-quality varieties (not less than 24.0 %). The following lines had the same seed protein content as the standard (25.6 %): B3737/2-2 (25.2 %), Kt6575 (25.8 %), Kt6358 (24.9 %). These lines contained a large amount of water-soluble protein fraction in comparison with the standard: Kt6575 (16.9 %), Kt6358 (16.6 %), and B3737/2-2 (16.9 %). B3737/2-2 and Kt6575 showed high cooking quality (seed boiling time 110–122 minutes, seed cooking coefficient 2.5–2.6). All lines had a good taste of boiled seeds equal to 4–5 points. **Scientific novelty.** B3737/2-2, Kt6575, Kt6358 have been suggested to be used as sources of new varieties for their high cooking quality.

Keywords: peas (*Pisum sativum* L.), variety, quality, cooking property, protein, taste, amino acids.

For citation: Formirovanie belka i pishchevye dostoinstva perspektivnykh liniy gorokha v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Protein formation and nutritional advantages of promising pea lines in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 41–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-41-49. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.09.2021, **date of review:** 19.10.2021, **date of acceptance:** 04.11.2021.

References

1. Shorin E. Istoriya gorokha v Evrope i Rossii [The history of peas in Europe and Russia] [e-resource]. URL: <https://mysadiogorod.com/ovoshti/istoriya-gorokha-v-evrope-i-rossii> (date of reference: 09.09.2021). (In Russian.)
2. Krefling J. The Appeal of Pea Protein [e-resource]. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051227617301516> (date of reference: 09.09.2021). DOI: 10.1053/j.jrn.2017.06.009.
3. Taylor S. L., Marsh J. T., Koppelman S. J., et al. A perspective on pea allergy and pea allergens // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 116. Pp. 186–198. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.017.
4. Dhaliwal S. K., Salaria P., Kaushik P. Pea Seed Proteins: A Nutritional and Nutraceutical Update. [e-resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/349661558_Pea_Seed_Proteins_A_Nutritional_and_Nutraceutical_Update (date of reference: 10.09.2021). DOI: 10.5772/intechopen.95323.
5. Zhogaleva O. S., Strel'tsova L. G. Vysota rasteniya i ustoychivost' k poleganiyu sortov gorokha pod vliyaniem khelatnykh udobreniy [Plant height and resistance to lodging of pea varieties under the influence of chelated micro-nutrient fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 05 (208). Pp. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-31-39. (In Russian.)
6. Maystrenko O. A. Otsenka perspektivnykh liniy gorokha po pishchevym kachestvam i urozhaynosti zerna [Evaluation of promising pea lines by nutritional qualities and grain yield] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. No. 4 (32). Pp. 31–34. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11128. (In Russian.)
7. Brailova I. S., Filatova I. A., Yur'eva N. I., et al. Otsenka perspektivnykh sortoobraztsov gorokha po kachestvu i vzaimosvyaz' biokhimicheskikh pokazateley s urozhaynost'yu i massoy 1000 zeren [Evaluation of promising varieties of peas in quality and the relationship of biochemical parameters with yield and weight of 1000 grains] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. No. 3 (35). Pp. 20–25. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11180. (In Russian.)

8. Pakhotina I. V., Omel'yanyuk L. V., Ignat'eva E. Yu., Asanov A. M. Osobennosti formirovaniya sodержaniya belka v zerne gorokha v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [The Features of protein formation in pea grain under the conditions of West Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2020. No. 10. Pp. 60–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-60-67. (In Russian.)
9. Omel'yanyuk L. V., Pakhotina I. V., Asanov A. M., Ignat'eva E. Yu. Rezul'taty otsenki kachestva zerna liniy gorokha konkursnogo sortoispytaniya v FGBNU "Omskiy ANTs" [The results of the quality assessments of peas grain by using competitive variety test in the Federal state scientific institution "OMSK SARC"] // Zernobovoye i krupyanye kul'tury. 2019. No.2 (30). Pp. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085. (In Russian.)
10. Gali K. K., Sackville A., Tafesse E. G. Genome-Wide Association Mapping for Agronomic and Seed Quality Traits of Field Pea (*Pisum sativum* L.) // Frontiers in Plant Science 2019. Vol. 10. Pp. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2019.01538.
11. Gali K. K., Yong L., Anoop S., Marwan D., Arun S. K., Gene A., et al. Construction of high-density linkage maps for mapping quantitative trait loci for multiple traits in field pea (*Pisum sativum* L.) // BMC Plant Biology. 2018. Vol. 18 (1). Article number 2. DOI: 10.1186/s12870-018-1368-4.
12. Robinson G. H. J., Domoney C. Perspectives on the genetic improvement of health- and nutrition-related traits in pea. // Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 158. Pp. 353–362. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.020.
13. Farooq M., Nadeem F., Gogoi N., et al. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop & Pasture Science. 2017. Vol. 68 (11). Pp. 985–1005. DOI: 10.1071/CP17012.
14. Dürr C., Brunel-Muguet S., Girousse C., et al. Changes in seed composition and germination of wheat (*Triticum aestivum*) and pea (*Pisum sativum*) when exposed to high temperatures during grain filling and maturation // Crop and Pasture Science. 2018. Vol. 69 (4), Pp. 384–386. DOI: 10.1071/CP17397.
15. Bobkov S. V., Uvarov O. V. Razrabotka optimal'nogo metoda polucheniya izolirovannykh belkov gorokha dlya ispol'zovaniya v selektsii na kachestvo [Development of optimal method of obtaining pea isolated proteins for use in breeding for quality] // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (4). Pp. 408–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.408-416. (In Russian.)
16. Korolev A. A., Urubkov S. A., Koptyaeva I. S., Korneva L. Ya. Obshchaya kharakteristika i primeneniye v tekhnologii pishchekonsentratov zerno bobovykh rasteniy [Leguminous plants. General characteristics and application in the technology of food concentrates] // Polzunovskiy vestnik. 2020. No. 2. Pp. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007. (In Russian.)
17. Bi S., Xu X., Luo D., et al. Characterization of Key Aroma Compounds in Raw and Roasted Peas (*Pisum sativum* L.) by Application of Instrumental and Sensory Techniques // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020. Vol. 68. Pp. 2718–2727. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07711.

Authors' information:

Anatoliy I. Katyuk¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of leguminous crops, ORCID 0000-0002-2630-8981, AuthorID 637655; +7 927 600-29-84, kai.bez@yandex.ru

¹ Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Samara, Russia