

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА ПО КАЧЕСТВУ И ВЗАИМОСВЯЗЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УРОЖАЙНОСТЬЮ И МАССОЙ 1000 ЗЕРЕН

И.С. БРАЙЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0001-5844-4614

И.А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-5706-7332

Н.И. ЮРЬЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-3481-4128

Ю.В. БЕЛОУСОВА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-5706-7332

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА

E-mail: niish1c@mail.ru

Селекция на качество продукции является одной из важнейших задач создания новых более ценных не только по количеству, но и по качеству получаемой продукции сортов. В статье приведены трехлетние данные по результатам изучения биохимических показателей (белок, сахар, крахмал) и урожайности 57 образцов гороха, взятых из питомника конкурсного сортоиспытания. Исследования проводили в отделах генетики и иммунитета и селекции зернобобовых культур НИИСХ ЦЧП имени В.В. Докучаева. Основной целью нашей работы было проанализировать, оценить и выбрать лучшие по изучаемым признакам образцы, выделившиеся в период 2017-2019 гг. У всех испытуемых образцов содержание белка в зерне было не ниже 20%. Выявлены образцы с высокими показателями по содержанию белка в зерне: 61/18 – 25,5%, 67/18 и 27/19 по 24,9%. Максимальный сбор протеина с единицы площади составил 6,5 ц/га у линии 67/18 и 6,7 ц/га – 58/18. Высокими показателями по количеству сахара характеризовались образцы: 92/13 – 5,1 % и 109/13 – 5,2%, это на 44% больше средних значений по всем изучаемым образцам и на 37% выше, чем у лучшего по содержанию сахара местного сорта-стандарта Дударь. Обнаружены высоко крахмальные образцы: 71/17 – 54,0%, 70/17 – 54,3%. Данные образцы представляют особый интерес и будут использоваться в дальнейшей селекционной работе по повышению качественных показателей при создании новых сортов гороха. Установлена высокая степень взаимозависимости между показателями «урожайность» и «сбор белка» $r = 0,944 \pm 0,077$ и низкая степень влияния у показателей «масса 1000 зерен» и «количество белка в зерне» $r = -0,432 \pm 0,212$.

Ключевые слова: горох, сортообразцы, белок, крахмал, масса 1000 зерен, урожайность, корреляция.

EVALUATION OF PERSPECTIVE PEA VARIETIES BY QUALITY AND RELATIONSHIP OF BIOCHEMICAL INDICATORS WITH YIELD AND WEIGHT OF 1000 GRAINS

I.S. Brailova, I.A. Filatova, N.I. Yuryeva, U.V. Belousova

V.V. DOKUCHAEV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE
OF CENTRAL-CHERNOZEM ZONE

E-mail: niish1c@mail.ru

Abstract: Selection for product quality is one of the most important tasks of creating new, more valuable, not only in quantity, but also in the quality of varieties produced. The article presents three-year data on the results of a study of biochemical parameters (protein, sugar, starch) and the yield of 57 pea samples taken from a competitive variety testing nursery. The studies were

carried out in the departments of genetics and immunity and the selection of leguminous crops of the V.V. Dokuchaev Scientific Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Strip. The main goal of our work was to analyze, evaluate and select the best samples for the studied characteristics, which were distinguished in the period 2017-2019. In all test samples, the protein content in the grain was not lower than 20%. Samples with high protein content in the grain were revealed: 61/18 - 25.5%, 67/18 and 27/19 for 24.9%. The maximum protein yield per unit area was 6.5 centners / hectare for the 67/18 line and 6.7 centners / hectare for 58/18. Samples were characterized by high indices for the amount of sugar: 92/13 - 5.1% and 109/13 - 5.2%, which is 44% higher than the average values for all test samples and 37% higher than the best local sugar varieties of the standard Dudar. High starchy samples were found: 71/17 - 54.0%, 70/17 - 54.3%. These samples are of particular interest and will be used in further breeding work to improve quality indicators when creating new varieties of peas. A high degree of interdependence between the indicators "yield" and "protein collection" $r = 0.944 \pm 0.077$ and a low degree of influence in the indicators "mass of 1000 grains" and "amount of protein in grain" $r = -0.432 \pm 0.212$ were established.

Keywords: peas, varieties, protein, starch, mass of 1000 grains, productivity, correlation.

Горох является одним из самых известных, распространенных, полезных и питательных представителей семейства зернобобовые. У данной культуры самый богатый источник растительного белка, обладающий многочисленными вкусовыми и полезными свойствами. При благоприятных условиях выращивания зернобобовые культуры формируют белок без затрат дефицитных и дорогостоящих минеральных азотных удобрений. Поскольку белок – это азот, включенный в биологический синтез, то общий объем производства растительного белка ограничивается уровнем обеспеченности растений азотными удобрениями и содержанием азота в почве. Бобовые же культуры дают сверхлимитированный, дополнительный белок, включая биологический круговорот азота воздуха, недоступный для других культур [1]. Также все еще актуальным вопросом в современном мире является сочетание количества, качества и диверсификации использования продукции. В настоящее время горох одна из максимально «утилизируемых» культур. Собственно, биомасса может использоваться как сидерат, улучшающий структуру пахотного горизонта и обогащающий его органическим веществом. Семена в фазу молочной спелости и биологической зрелости применяются в пищевой промышленности и используются на кормовые цели. Разрабатываются методики извлечения крахмала гороха из семян, оболочек зерна, зародыша и применения его в различных отраслях [2].

По данным профессора Н.Н. Иванова, в семенах гороха в среднем содержится до 28,7% белков, до 45,5% крахмала, до 7% сахаров и много других питательных веществ. Причем, по содержанию белков семена бобовых культур богаче зерна хлебных злаков в 2-3 раза [3]. По своим физико-химическим свойствам крахмалы, выделенные из гороха, отличаются от крахмалов, полученных из картофеля и ячменя, например, способностью к желатинизации, строением крахмальных зерен и др. [4]. В зародышах семян зернобобовых культур накапливается значительное количество сахаров, представленных в основном сахарозой, а в оболочках семян синтезируется много клетчатки и пентозанов.

По некоторым литературным данным показатель содержания белка в составе зерна гороха взаимосвязан с показателем веса 1000 зерен [5]. Показатель «масса 1000 зерен» является важным индикатором, определяющим урожайность. Он является генетически наследуемым признаком, изменяющимся в зависимости от условий внешней среды, агротехники возделывания, от влияния болезней и вредителей и определяет качество и количество собираемого зерна [6].

Целью исследований являлась оценка перспективных линий гороха по комплексу биохимических показателей и выявление корреляционной зависимости различной степени связи между полученными качественными и количественными показателями изучаемых образцов.

Материалы и методика исследований

Материалом для изучения служили сортообразцы, взятые в питомнике конкурсного сортоиспытания лаборатории селекции зернобобовых культур. Изучаемые образцы включали в себя усатые и облиственные формы, относящиеся в основном к группе среднеспелых. Исследования проведены в 2017–2019 гг.

Как уже говорилось ранее, одним из наиболее важных факторов, определяющих качество гороха, является содержание в нем белка. Высокий или низкий уровень белка зависит от биологических характеристик сорта, агротехники возделывания и погодноклиматических условий.

Погодные условия 2017 года складывались достаточно благоприятно для получения дружных всходов и дальнейшего роста и развития изучаемых сортообразцов гороха. За период вегетации выпало 148 мм осадков, а сумма активных температур составила 1333 °С, что вполне удовлетворяет потребностям культуры. Было отмечено увеличение длины вегетационного периода у гороха на 10-14 дней. Это связано с некоторым понижением температуры воздуха продолжавшейся на протяжении практически всей вегетации. ГТК составил 1,1.

Неблагоприятным для роста и развития гороха стал 2018 год. Для получения дружных всходов и стартового роста растений количество влаги в почве было достаточное (за апрель выпало 58 мм осадков, что соответствует 181% от нормы). Но за период с 1 мая и до 16 июля, когда у большинства образцов уже отмечена полная спелость, выпало всего 24 мм осадков. При сумме активных температур 1357°С ГТК составил 0,2, что соответствует экстремальной засухе. В связи с этим, продолжительность вегетационного периода в 2018 году сократилась на 5-7 дней по сравнению со среднемноголетними значениями и составила 68-70 дней.

Погодные условия 2019 года в течение практически всего вегетационного периода для изучаемых образцов гороха сложились крайне неблагоприятно. За данный период выпало всего 75 мм осадков при сумме активных температур – 1313°С, ГТК – 0,6. Весь комплекс погодных условий стал причиной ускоренного налива и созревания зерна, скорее даже иссушения. В связи с этим, период от всходов до полной спелости занял, в среднем, 66 дней (с 1 мая по 5 июля), это на 10-14 дней короче оптимального.

Биохимическая оценка качества семян гороха проводилась в отделе генетики и иммунитета. В образцах определялось содержание белка, крахмала и сахаров. Количество белка определяли по методу Къельдаля, определение аммонийного азота (сырого белка) проводилось после дигестии с серной кислотой и последующим фотометрированием (по методу ЦИНАО) с салициловой кислотой [7]. Для пересчета процента азота на сырой протеин использовался коэффициент 6,25. Определение крахмала осуществляли по тесту на сахара поляриметрическим методом [8]. Сахара анализировали титриметрическим методом с медным реактивом [9]. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу ISO 520-2014. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Excel и приложения CXSTAT.

Результаты и обсуждение

В целом, за 3 года исследований по комплексу биохимических показателей у 57 изучаемых образцов наблюдался довольно широкий диапазон варьирования.

Сравнительный анализ качества изучаемого материала позволил выделить лучшие образцы. Максимальное значение накопления белка было у линий 61/18-25,5%; 67/18-24,9%; 27/19-24,9% и у сортов Таловец 70-25,5% (усатого типа); Дударь-24,0% (листочкового типа) (табл. 1). Данные образцы превышают показатели среднего значения на 4,4%-10,9%.

Следует также отметить, что 2019 год оказался самым благоприятным для синтеза белка в зерне гороха, но самым неблагоприятным по сбору зерна в сравнении с другими годами исследования. Содержание белка в этом году в семенах было несколько выше и варьировало в пределах 22,1%-26,1%, а в другие годы исследования – (особенно в 2017 году) заметно снижалось и находилось в пределах от 19,2% до 23,7%.

Таблица 1

Продуктивность и качество лучших образцов гороха, выделившихся по биохимическим показателям

Название образца	Белок, %	Сбор белка, ц/га	Сахара, %	Крахмал, %	Масса 1000 зерен, шт	Урожайность, т/га
92/13	21,1	3,9	5,1	46,9	203	1,86
109/13	21,1	4,0	5,2	47,8	201	1,90
92 + 94/13	22,9	4,7	4,4	47,8	186	2,07
45/16	22,2	4,5	4,3	49,8	218	2,01
61/16	22,1	3,8	3,5	50,4	189	1,71
60/17	22,3	4,6	4,2	47,3	240	2,05
64/17	22,8	4,9	3,5	49,3	203	2,13
71/17	20,8	5,5	2,7	54,0	200	2,63
70/17	20,9	5,6	2,9	54,3	200	2,67
61/18**	25,5	5,2	3,6	50,9	193	2,05
45/18**	23,6	3,4	3,2	46,4	175	1,45
55/18**	22,1	4,6	4,1	49,2	180	2,06
56/18**	23,5	5,1	3,8	46,9	196	2,18
58/18**	23,5	6,7	2,9	47,4	196	2,87
67/18**	24,9	6,5	2,9	49,4	196	2,61
27/19*	24,9	4,5	2,6	46,6	196	1,79
91/19*	23,6	3,9	2,9	52,3	177	1,66
Фокор	22,7	4,3	3,1	52,6	170	1,88
Дударь	24,0	5,4	3,8	51,5	157	2,25
Таловец 70	25,5	4,3	3,1	47,9	159	1,69
Среднее	23,0	4,8	3,6	49,4	192	2,08
Ошибка средней	0,31	0,19	0,16	0,53	4,11	0,08
Доверительный интервал, 95%	22,4-23,7	3,9 – 5,6	3,3 – 3,9	48,2-50,4	183-200	1,91-2,25

Примечание: * данные за 2019г; **данные за 2018, 2019 гг.

Что касается урожайности, 2019 год значительно уступал по этому показателю предыдущим годам в среднем на 30-45%. За все 3 года исследования самая высокая урожайность сформировалась у перспективных линий, которые принадлежат к усатому морфотипу: 58/18-2,87 т/га; 67/18-2,61 т/га; 70/17-2,67 т/га и 71/17-2,63 т/га. Продуктивность этих линий превышает средние значения на 25%-38%.

Максимальный сбор белка был у линий 58/18-6,7 ц/га и 67/18-6,5 ц/га. Обеспечить получение столь значимых результатов стало возможным при совокупности высоких значений у показателей «урожайность» и «количество белка в зерне»: 58/18-23,5% и 2,87 т/га; 67/18-24,95 и 2,61 т/га соответственно.

Наибольшее накопление сахаров наблюдалось у образцов 92/13- 5,1% и 109/13-5,2%, но по другим биохимическим показателям (по содержанию белка и крахмала) они значительно уступали показателям среднего значения.

По результатам накопления самого высокого процентного содержания крахмала выделились образцы: 61/16-50,4%; 61/18-50,9%; 91/19-52,3%; 70/17-54,3%, 71/17-54,0% и сорта Фокор – 52,6%; Дударь – 51,5%.

Масса 1000 зерен по годам варьировала от 138 г (2019 г.) до 219 г (2017 г.). Наиболее крупное зерно за годы исследования сформировалось у перспективных линий 60/17 – 240 г и

45/16 – 218 г, а наиболее мелкое зерно формировалось у сортов местной селекции Таловец 70 – 159 г и Дударь – 157 г.

Для многих ученых селекционеров особый интерес представляют взаимосвязи между количественными и качественными показателями. Полученные результаты нами представлены в таблице 2.

Таблица 2

Корреляционные взаимосвязи биохимических показателей с урожайностью и массой 1000 зерен (2017-2019 гг.)

Показатели	Белок	Сбор белка	Сахар	Крахмал	Масса 1000 зерен
Урожайность	- 0,180 ± 0,231	0,944 ± 0,077	- 0,262 ± 0,227	0,332 ± 0,222	0,245 ± 0,228
Масса 1000 зерен	- 0,432 ± 0,212	0,119 ± 0,234	0,291 ± 0,226	- 0,198 ± 0,231	-

Выявлена высокая степень положительного влияния между показателями «урожайность» и «сбор зерна» $r = 0,944 \pm 0,077$. Продуктивность сорта на 89,1 % определяет величину сбора белка с единицы площади, что согласуется с результатами других исследователей [10]. Отмечена низкая отрицательная взаимосвязь на уровне 19 % между массой 1000 зерен и количеством белка в зерне $r = - 0,432 \pm 0,212$. В целом по совокупности анализируемых образцов гороха зафиксирована очень слабая отрицательная корреляционная взаимосвязь между показателями: «урожайность» и «количество белка в зерне» $r = - 0,180 \pm 0,231$; «урожайность» и «количество сахара в зерне» $r = - 0,262 \pm 0,227$; «масса 1000 зерен» и «количество крахмала в зерне» $r = - 0,198 \pm 0,231$. Слабая положительная теснота связей была между показателями: «урожайность» и «количество крахмала в зерне» $r = 0,332 \pm 0,222$; «масса 1000 зерен» и «количество сахара в зерне» $r = 0,291 \pm 0,226$; «масса 1000 зерен» и «сбор зерна» $r = 0,119 \pm 0,234$.

Заключение

В результате трехлетнего изучения в период с 2017 по 2019 годы в конкурсном сортоиспытании из 57 изучаемых образцов по комплексу биохимических показателей выделились 20 перспективных. Из них самые высокобелковые: линии 61/18-25,5%; 67/18-24,9%; 27/19-24,9% и сорт Таловец 70. Данные образцы достоверно превысили средние показатели по белку на 4,4-10,9%. Образцы с максимальным накоплением сахаров 92/13-5,1% и 109/13-5,2%, значительно превысили средние показатели на 41,7-44,0%. И лучшие образцы по показателям содержания крахмала: 61/16=50,4%; 61/18 – 50,9%; 91/19 – 52,3%; 70/17-54,3% 71/17-54,0% и сорта Фокор – 52,6%; Дударь – 51,5% превосходили среднее значение на 3,4-9,9%. Наибольший сбор белка за все годы исследований установлен у образцов 61/18-5,2 ц/га; 56/18-5,1ц/га; 58/18-6,7 ц/га; 67/18-6,5; 71/17-5,5 ц/га; 70/17-5,6 ц/га, и облиственного сорта Дударь – 5,4 ц/га.

Также была установлена корреляционная взаимосвязь сильной, средней, слабой степени, либо полное ее отсутствие между количественными и качественными показателями исследуемого селекционного материала. На основании этих данных самая сильная зависимость наблюдалась между показателями сбор белка – урожайность ($r = 0,944 \pm 0,077$) и отрицательная зависимость средней степени между содержанием белка – массой 1000 зерен ($r = - 0,432 \pm 0,212$) Между остальными изучаемыми показателями теснота связей была очень слабая или вовсе отсутствовала.

Литература

1. Звягинцев М. Горох как источник белка и лучший предшественник для зерновых // Аграрное обозрение. – № 5. (51). – 2015. – С 28-36.
2. Шелепина, Н.В. Использование продуктов переработки зерна гороха в пищевых технологиях // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – Том 6. – № 4 – 2016 – С 110-118. DOI 10.21285/2227-2925-2016-6-4-110-118.
3. Зяядов Э.О., Орипов Д.М., Вафоева М.Б. Показатели качества сортов и сортообразцов гороха на богаре // Инновационная наука. – 2019. – № 10 – С 23-26.

4. Greenwood, C.T. Studies on the biosynthesis of starch granules. 2. The properties of the components of starches from smooth-and wrinkled-seeded peas during growth / C.T. Greenwood, J. Thomson // *Biochemical Journal*. – 1962. – vol.82. – № 1. – P.156-164.
5. Эшмирзаев К. Наследование число бобов гибридами нута // Материала IX конференции молодых ученых Узбекистан по с/х. – Ташкент. – 1978. – С.101-105.
6. Шапошникова Ю.В., Коробова Н.А. Корелляционная зависимость между продуктивностью и основными ее элементами у сортов зернового гороха // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, – 2019. – vol.6-1 – С 62-66. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11249.
7. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений // – М.: Колос. – 1985. – 255 с.
8. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений // – М. Сельскохозяйственная литература. – 1952.– 520 с.
9. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений // Киев: «Наукова думка». – 1976. – 336 с.
10. Ашиев А.Р., Хабибулин К.Н., Скулова М.В., Дорохова Д.П. Взаимосвязи количественных признаков и качественных показателей урожайности новых линий гороха // *Зерновое хозяйство России*. 2018. – № 6 (60). – С. 13-16. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-13-16.

References

1. Zvyagintsev M. Peas as a source of protein and the best precursor for cereals. *Agrarian review*. no 5. (51). 2015. pp. 28-36. (In Russian)
2. Shelepina N.V. Use of pea grain processing products in food technologies. *University news*. Applied chemistry and biotechnology.-6.-no.4-2016-pp.110-118. DOI 10.21285/2227-2925-2016-6-4-110-118. (In Russian)
3. Ziyadov E.O., Oripov D.M., Vafoeva M.B. Quality Indicators of varieties and cultivars of peas on bogar. *Innovative science*. 2019. No. 10 pp 23-26. (In Russian)
4. Greenwood C.T. Studies on the biosynthesis of starch granules. 2. the properties of the components of starches from smooth-and wrinkled-seeded peas during growth. C.T. Greenwood, J. Thomson. *Biochemical Journal*. 1962. vol. 82. no. 1.pp. 156-164.
5. Eshmirzaev K. Inheritance of the number of beans by chickpea hybrids. Material of the IX conference of young scientists of Uzbekistan on agriculture-Tashkent, 1978, pp. 101-105. (In Russian)
6. Shaposhnikova Y.V., Korobova N.A. Corellia dependence between productivity and its main elements in varieties of grain peas. *International Journal of Humanities and Natural Sciences* 2019. vol. 6-1, pp 62-66. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11249 (In Russian)
7. Pleshkov B.P. Practicum on plant biochemistry. Moscow: *Kolos*. 1985. 255 p. (In Russian)
8. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Smirnova-Ikonnikova M.I., Murri I. K. Methods of biochemical research of plants. *M. Agricultural literature*. 1952. 520 p. (In Russian)
9. Pochinok H.N. Methods of biochemical analysis of plants. Kiev: "*Naukova Dumka*". 1976. 336 p. (In Russian)
10. Ashiev A. R., Khabibulin K. N., Skulova M. V., Dorokhova D. P. Interrelations of quantitative signs and qualitative indicators of productivity of new pea lines. *Grain economy of Russia*. 2018. no 6 (60). pp. 13-16. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-13-16. (In Russian)