

О.В. Ермолина, кандидат сельскохозяйственных наук зав. лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур;

О.В. Короткова, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г. Калининко (347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3) ErmolinaOV82@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ГОРОХА ПОСЕВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В результате комплексного изучения 257 коллекционных образцов гороха (*PISUM SATIVUM* L.) различного эколого-географического происхождения выделены источники по основным хозяйственно-ценным и морфо-биологическим признакам и свойствам с целью вовлечения их в селекционные программы для получения высокопродуктивных сортов с хорошим качеством семян, адаптированных к неблагоприятным факторам среды. Исследования проводили в условиях неустойчивого увлажнения южной зоны Ростовской области. Исследуемые коллекционные образцы дифференцированы на группы по морфотипам растений, в которых проведено изучение продуктивности и ее составляющих. Проведён биометрический анализ растений по основным количественным признакам: высота растения, число междоузлий, число бобов на растении, число семян в бобе, число семян на растении. Определена крупность семян и продуктивность растения. Проанализирована урожайность семян коллекционных образцов гороха различных морфотипов. Проведён корреляционный анализ, определена сопряженность изученных признаков с урожайностью семян, которая указывает на перспективность использования их в селекционном процессе в зависимости от поставленных задач. Выделены источники со стабильно высоким содержанием белка в семенах, определено взаимовлияния содержания белка на урожайность семян.

Ключевые слова: *горох, коллекционный образец, элементы продуктивности, урожайность семян, масса 1000 семян, содержание белка в семенах.*

O.V. Ermolina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of grain crop breeding and seed-growing;

O.V. Korotkova, leading researcher of the laboratory of grain crop breeding and seed-growing
FSBSI All-Russian Research Institute of Grain Crops named after I.G. Kalinenko (347740, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; ermolinaOV82@mail.ru)

STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF COLLECTION MATERIAL OF PEAS (PISUM SATIVUM L.) IN THE ROSTOV REGION

The complex study of 257 collection samples of peas (PISUM SATIVUM L.) with various ecologic-geographic origins selected the sources with valuable economic and morpho-biologic traits and properties for using them in breeding of highly productive cultivars with good qualitative seeds adapted to the unfavorable environment. The study has been carried out under the conditions of unstable humidity of the southern part of the Rostov region. The studied samples have been differentiated into the morpho types of the plants according to their productivity and its elements. We have fulfilled the analysis of the plants according to their quantitative traits: plant height, a number of nods, a number of beans per plant, a number of seeds per bean, a number of seeds per plant. The sizes of a seed and plant productivity have been estimated. The productivity of seeds from collection samples of peas of various morpho types has been analyzed. The correlation analysis has been conducted; the correlation of studied traits with seed productivity which could be promising in the breeding process has been estimated. The sources with constant high content of protein in seeds have been selected; the correlation between protein content and seed productivity has been determined.

Keywords: *peas, collection sample, elements of productivity, seed productivity, 1000-grain weight, protein content in seeds.*

Введение. Горох является важной зернобобовой культурой, широко возделываемой в различных регионах России, занимающий около 80% площадей зернобобового клина. Семена гороха отличаются высокой биологической ценностью, содержат значительное количество протеинов, углеводов, минеральных солей и витаминов. Благодаря способности к азотфиксации горох, обогащает почву азотом и является одним из лучших предшественников для многих культур [1].

Для селекции гороха большой интерес представляет изучение изменчивости морфо-биологических признаков в конкретных почвенно-климатических условиях. Морфо-биологические признаки подвержены воздействию различных факторов. Сильное влияние на них оказывают условия возделывания. Ряд исследователей отмечает, что в неблагоприятные для проявления признака годы вариабельность их возрастает [1,6]. Данные этих исследований предоставляют возможность сочетания ценных признаков в генотипе, повысив тем самым эффективность селекционной работы [5].

В связи с этим всестороннее изучение и оценка коллекционного материала гороха по морфо-биологическим признакам с целью вовлечение новых сортов и линий в селекционный процесс, является весьма актуальной задачей.

Материалы и методы. Полевые исследования выполняли на опытных полях ФГБНУ ВНИИЗК имени И.Г. Калининко в Ростовской области (Зерноградский район) в течение 5 лет (2011-2015гг).

Почвенный покров опытных участков представлен обыкновенным черноземом (предкавказский карбонатный). Климат зоны – континентальный с неустойчивым увлажнением. Годовое количество осадков составляет 450-500 мм, но оно характеризуется неравномерным распределением в течение года.

Количество осадков за вегетационный период гороха (март-июнь) варьировало от 85,2 до 324,3 мм. Сумма средних среднесуточных температур воздуха за вегетационный период составила от 1451,8 до 1704,5°C. В течение пяти лет наблюдений средние показатели ГТК за вегетационный период гороха в южной зоне Ростовской области варьировали от 0,5 (сухо) до 1,1 (достаточное увлажнение), что связано с динамикой выпавших осадков. Наиболее благоприятным для вегетации растений гороха по температурному и водному режиму отмечен 2015 г. (ГТК=1,0).

В качестве объекта исследований использовали образцы мировой коллекции ВИР, селекционные линии и сорта гороха, созданные в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калининко – в количестве 257 образцов, которые различались по морфологическим, биологическим и хозяйственно-ценным признакам и свойствам.

Изучаемая коллекция гороха различалась по происхождению: сорта из стран СНГ (Украина, Молдова, Белоруссия, Киргизия, Азербайджан), европейские сорта (Великобритания, Германия, Франция, Чехословакия, Польша, Сербия, Югославия, Швеция, Дания, Нидерланды, Литва, Болгария, Португалия, Италия, Финляндия), азиатские (Индия), американские (США), южноамериканские (Перу) и австралийские, а также сорта отечественной селекции (рис.1).

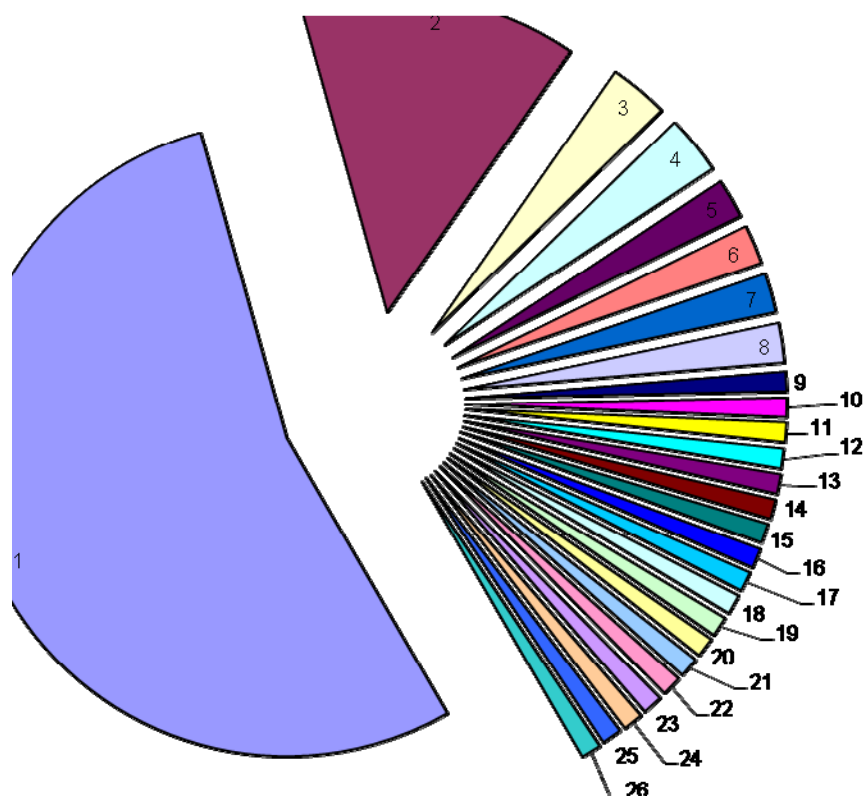


Рис. 1. Распределение коллекционных образцов по происхождению

1-Россия, 2-Украина, 3- Франция, 4-Болгария, 5-Германия, 6-Чехословакия, 7- Великобритания, 8- Финляндия, 9- Югославия, 10-США, 11- Молдова, 12- Азербайджан, 13- Италия, 14- Индия, 15- Нидерланды, 16-Швеция, 17- Португалия, 18- Дания, 19- Литва, 20- Киргизия, 21- Казахстан, 22- Польша, 23- Австралия, 24- Сербия, 25- Перу, 26- Белоруссия

Большая часть коллекции гороха представлена образцами из России (54%) и стран Европы (23,0%).

Посев коллекционного питомника проводили в третьей декаде марта. Норма высева составила 1,2 млн. штук всхожих семян на 1 га. Образцы высевали на делянках площадью 5 м², в двукратном повторении. В качестве стандарта использовали сорт гороха, допущенный к использованию в Ростовской области. Аксайский усатый 5.

Полевые опыты проводили в соответствии с методическими указаниями ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и методикой полевого опыта Б.А. Доспехова, Международного классификатора СЭВ рода PISUM L. (1985) [4,2]. Статистическую обработку данных исследований проводили с использованием ЭВМ, программы EXCEL.

Результаты. *Продолжительность вегетационного и межфазного периода.*

Длительность периода вегетации гороха зависит в основном от продолжительности двух основных фаз: «всходы – цветение» и «цветение – созревание». В период «всходы – цветение» происходит рост и развитие репродуктивных органов, способствующих накоплению вегетативной массы [5,6]. В наших исследованиях средняя продолжительность этого периода варьировала от 36 до 49 суток, коэффициент вариации $V = 13,1\%$.

В фазе «цветение – созревание» растение гороха формирует семена в бобе и происходит их налив. Продолжительность этого периода также в значительной степени зависит как от условий произрастания, так и от сортовых особенностей. В среднем продолжительность межфазного периода «цветение – созревание» варьировала от 31 до 42 суток, коэффициент вариации $V = 12,7\%$. В связи с этим отмечено колебание продолжительности периода вегетации гороха от 72 до 81 суток, $V = 6,5\%$ (таблица 1).

1. Продолжительность основных фаз развития гороха (2011-2015гг.)

Год	Период, сут.		
	всходы – цветение	цветение – созревание	всходы – созревание
2011	36	36	72
2012	37	42	79
2013	38	34	72
2014	40	41	81
2015	49	31	80
V, %	13,1	12,7	6,5

Период развития гороха от всходов до цветения в наших исследованиях не превышал 13 сут., что при коэффициенте вариации $V = 13,1\%$ говорит о незначительной изменчивости признака.

Основную часть коллекции (90%) представляют раннеспелые образцы с вегетационным периодом 70-80 сут. Скороспелых образцов в коллекции выявлено 2, среднеспелых – 8%. В селекции на скороспелость представляют интерес образцы, имеющие короткий вегетационный период 60-70 сут., К-8828 (Чехословакия), К-8377 (Великобритания), К-5965 (Нидерланды), К-8359 (Великобритания), К-8701 (Орловская обл.), Шустрик (Орловская обл.).

Морфологические признаки. *Тип листа и высота стебля.* Исследуемые коллекционные образцы дифференцированы по морфотипам растений на две группы: листочковый и усатый, в которых было проведено изучение продуктивности и ее составляющих. В пределах каждой группы выделены образцы с высоким уровнем

проявления ценных хозяйственных признаков. Среди 257 образцов 122 листочковых и 135 устных морфотипов.

Высота стебля – важный морфологический признак в селекционной практике, так как он тесно связан с устойчивостью к полеганию и продуктивностью растения. В зависимости от сорта и условий выращивания длина стебля у изучаемых образцов варьировала от 20,1 (К-6065, Казахстан) – 103,6 (К-8514, Украина), коэффициент вариации $V = 11,4\%$. В коллекции преобладали карликовые формы (≤ 50 см.) – 60%, полукарликовых форм (51-80 см) – 37%, среднерослых (81-150 см) – 3%, высокорослых форм (151-300 см.) в коллекции не выявлено. Из-за полегаемости высокорослых форм, приводящей к потере урожая, современная селекция направлена на уменьшение длины стебля, однако карликовые формы менее урожайны.

Самыми длинностебельными в наших исследованиях являются листочковые образцы К-4426 (Югославия) – 101,8 см и К6630 (Азербайджан) – 98,2 и усатый сорт Усатый-82 (Украина) – 103,6 см. Наименьший показатель в любых условиях выращивания по длине стебля – у сортов 8828 (Чехословакия) – 23,9 см и К-5965 (Нидерланды) – 22,9 см.

Число междоузлий на растении. Общее число междоузлий на растении составляет сумму продуктивных и непродуктивных узлов, т.е. являясь характерным для сорта, этот признак может изменяться в зависимости от условий выращивания. Число междоузлий на растении варьировало в зависимости от сортовых особенностей от 9,0 шт (К-8828, Чехословакия) до 21,1 шт (К-9417, Болгария), коэффициент вариации $V = 12,1\%$ (табл. 2).

Элементы продуктивности растения и урожайность семян

Основными элементами структуры семенной продуктивности растений гороха являются число бобов и семян на растении, число семян в бобе, масса 1000 семян и масса семян с 1 растения. Эти признаки определяют продуктивность растения гороха и в разной степени обусловлены генотипом сорта. В связи с этим, важной задачей является изучение элементов структуры коллекционных образцов.

Число бобов на растении. Число бобов на растении варьировало от 2,0 шт. (К-9123, Киргизия) до 8,8 шт. (К-8720, Франция), коэффициент вариации $V = 11,0\%$ (табл. 2). Наибольшее количество образцов (57%) имело от 2,0 до 4,0 бобов на растении.

По данному признаку выделились коллекционные образцы К-8438, Финляндия (7,0 шт.), К-7451, Челябинск (7,0 шт.), К-7728, К-7432, Польша (7,2 шт.), Украина (8,0 шт.), К-8940, Швеция (8,2 шт.), К-8720, Франция (8,8 шт.).

Число семян в бобе. В среднем за годы исследований число семян в бобе у исследуемых образцов варьировало от 1,9 шт К-8720 (Франция) до 5,8шт. К-7449 (Ростовская обл.). Анализ полученных результатов показал, что данный признак имеет высокое межсортовое, но низкое внутрисортовое варьирование и слабую зависимость от погодных условий ($V = 4,8\%$), определяясь главным образом сортовыми различиям.

Максимальное число семян в бобе формировали образцы Мультик, Орёл (5,3 шт), К-7973, Московская обл. (5,3 шт.), К-7542, Индия (5,3 шт.), К-7736, Украина (5,4 шт.), К-9346, Франция (5,7 шт.), К-8763, Белоруссия (5,7 шт.), К-7449, Ростовская обл. (5,8 шт.).

Число семян с растения. Репродуктивная способность растения, определяемая числом семян, — основной признак, обеспечивающий селективное преимущество генотипа. Число семян с растения является производным от числа бобов на растении и числа семян в бобе. Колебание данного признака у образцов составило от 3,4 шт. (К-8665, Россия) до 36,8 (К-9164, Ростовская обл.), коэффициент вариации $V = 11,2\%$ (табл. 2).

Среди изучаемых форм наибольшее число семян с растения отмечено у образцов К-7736, Украина (30,2 шт.), К-8514, Украина (30,3 шт.), К-4165, Литва (33,8 шт.), К-9281, Орловская обл. (34,4 шт.), К-4426, Югославия (35,4 шт.), К-9164, Ростовская обл. (36,8 шт.).

Масса семян с растения. Семенная продуктивность растений гороха — один из сложнейших признаков, обусловленный взаимодействием многих генов и влиянием почвенно-климатических и агротехнических условий. Масса семян с одного растения в коллекции варьировала от 1,0 г (К8665, Россия) до 8,3 г (К-7604, Орловская обл.), коэффициент вариации $V = 18,5\%$ (табл. 2). Наибольшая масса семян с одного растения была выявлена у образцов К-7715, Украина (6,3 г), К-7736, Украина (6,3 г), К-7604, Орловская обл.(8,3 г).

Масса 1000 семян. Крупность семян гороха характеризуется массой 1000 семян. Масса 1000 семян является важным показателем продуктивности растения гороха, у изучаемых образцов она варьировала от 91,9 г (К-8931, Орловская обл.) до 304,3 г. (К-7604, Орловская обл.), коэффициент вариации $V = 16,0\%$ (табл. 2). По величине этого признака изучаемые образцы классифицированы по группам - на мелкие (51-150 г.) — 11,5%, средние (151-250 г.) - 82,5% и крупные (≥ 250 г) — 6,0%.

Самые крупные семена отмечены у образцов К-9116, Омская обл. (255,6 г), К-9281, Орловская обл. (268,9 г), К-5965, Нидерланды (279,0 г), К-8657, Московская обл. (286,9 г), К-7604, Орловская обл. (304,3 г).

Урожайность семян. Важнейшим показателем семенной продуктивности гороха является урожайность семян. Урожайность семян в изучаемой коллекции варьировала от

1,2 т/га (К-8853, Ленинградская обл.) до 3,1 т/га (Кудесник, Орловская обл.), коэффициент вариации $V = 20,9\%$ (табл. 2). По урожайности семян выделилось 22 образца различных морфотипов: *листочковый морфотип*: - К-7737, Украина (2,50 т/га), К-9112, Украина (2,50 т/га), К-9405, Сербия (2,50 т/га), Рассеченно-листочковый, Орёл (2,50 т/га), К-9103, Башкирия (2,60 т/га), К-9125, Краснодар (2,60 т/га), Кудесник, Орловская обл. (2,60 т/га), Дударь, Воронеж (2,96 т/га); *усатый морфотип*: К-9404, Волгоград (2,50 т/га), Алла, Орёл (2,50 т/га), Русь, Орёл (2,50 т/га), Л-75-06, Орёл (2,50 т/га), Готик, Орёл (2,53 т/га), К-9410, Украина (2,60 т/га), Эффективный, Орёл (2,63 т/га), Монолит, Орёл (2,70 т/га), Таловец 70, Воронеж (2,70 т/га), Стоик, Орёл (2,72 т/га), 01-375, Орёл (2,80 т/га), Мадонна, Орёл (2,90 т/га), Дамир -1, Орёл (3,00 т/га) (рис. 2).

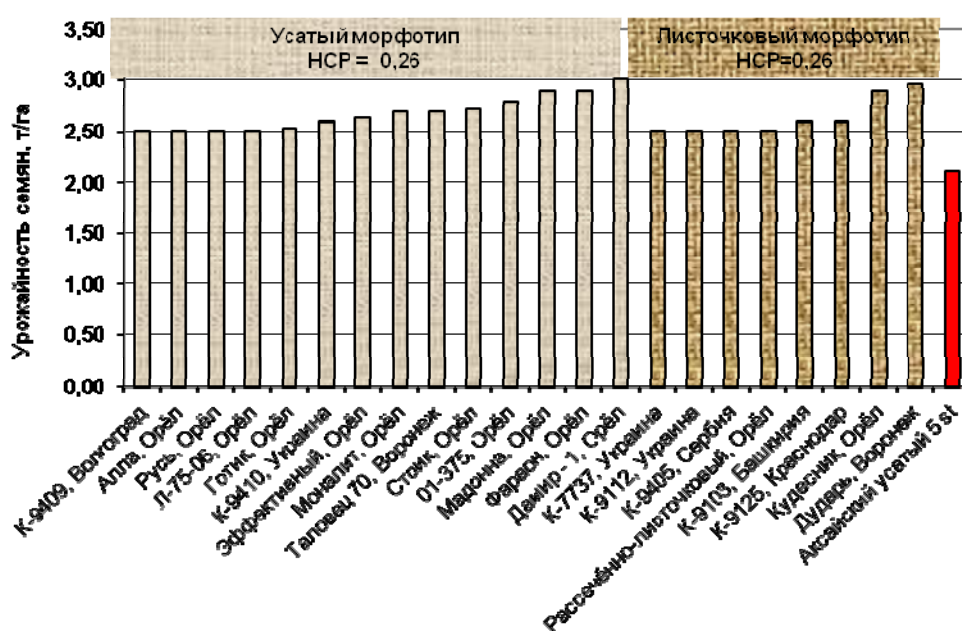


Рис. 2. Урожайность коллекционных образцов гороха

Урожайность семян гороха – сложный признак, который зависит от благоприятного сочетания многих хозяйственно-ценных и морфо-биологических признаков и свойств. В связи с этим проведён корреляционный анализ Пирсона для определения сопряженности изученных признаков с урожайностью семян на различном уровне достоверности (рис. 3).

Выявлены корреляционные связи, которые сохраняли направленность взаимовлияния независимо от морфотипа. Во всех группах наблюдалось постоянство зависимости урожайности семян с числом бобов на растении и массой семян с растением. Коэффициенты корреляции этих признаков указывают на характер и степень взаимовлияния.

Доказана отрицательная зависимость высоты растения и урожайности семян. В группе усатых сортов зависимость оценивали средней степенью действия ($r = -0,67^{**}$), у

листочкового морфотипа корреляция ($r = -0,07$) незначима, однако характер полученной связи отражает влияние данного признака.

Корреляционная связь между урожайностью семян и количеством междоузлий различна у разных морфотипов. У форм с усатым типом листа корреляция отрицательная ($r = -0,20^*$), а у листочковых положительная ($r = 0,31^*$).

Наблюдалась корреляция различного характера в зависимости урожайности семян с числом семян на растении у разных форм. В группе усатых морфотипов корреляция отрицательная ($r = -0,19^*$), а в группе листочковых форм средняя положительная ($r = 0,46^{**}$). Такая же тенденция прослеживается в зависимости урожайности семян с числом семян в бобе, но разного характера. У форм с усатым типом листа корреляция положительная ($r = 0,36^*$), а у листочковых отрицательная ($r = -0,53^{**}$).

Выявлена положительная средняя корреляция урожайности семян с массой 1000 семян у листочковых форм ($r = 0,39^*$). У усатых форм корреляционная связь по этому признаку не существенна ($r = -0,02$).

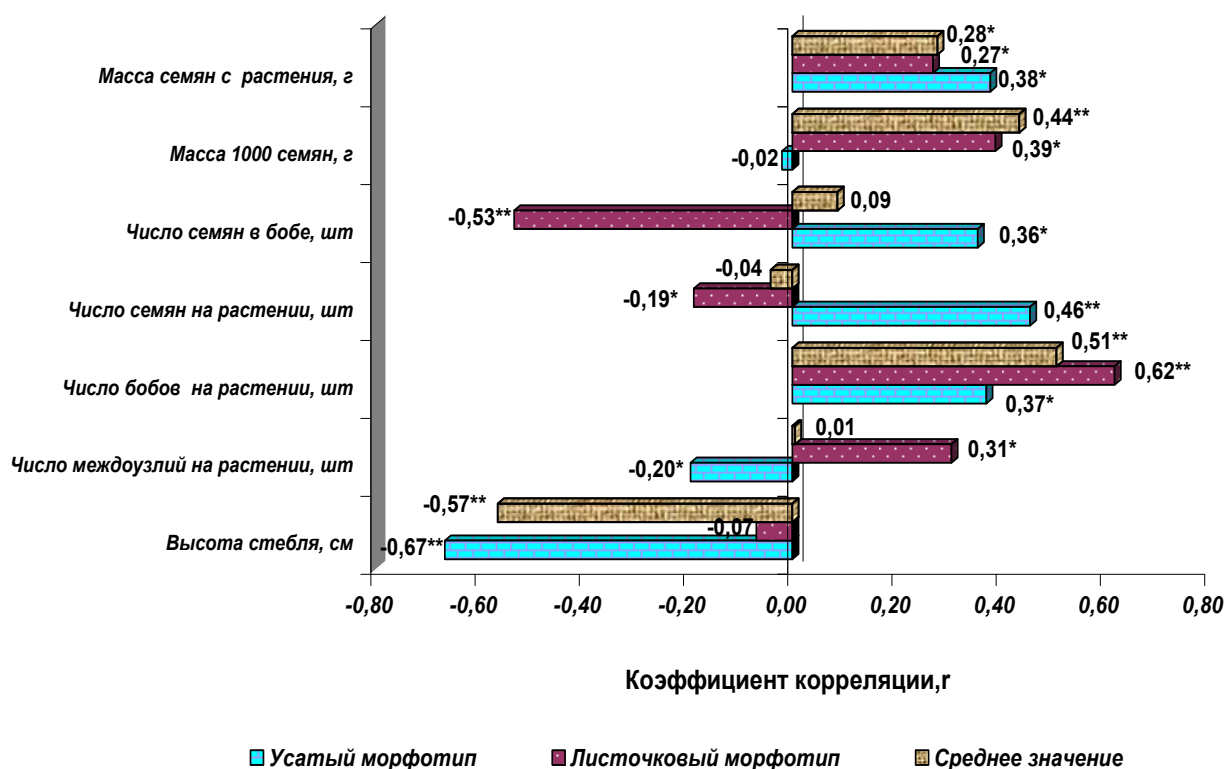


Рис.3. Связь урожайности семян гороха различного морфотипа с элементами продуктивности

(* - при 5%-м уровне значимости, ** - при 1%-м уровне значимости)

Полученные корреляционные зависимости указывают на перспективность использования их в селекционном процессе в зависимости от поставленных задач.

Качество семян гороха

Высокое качество семян гороха в значительной степени обусловлено повышенным содержанием белка в них. В связи с этим важной частью исследований является оценка изучаемых образцов гороха на содержание белка в семенах. Образцы коллекции значительно различались по содержанию белка в семенах от 19,8% (К-9721, Болгария) до 27,9% (05-273, Орловская обл.), коэффициент вариации $V = 20,9\%$ (табл. 2)

В результате исследований выявлены коллекционные образцы, которые характеризуются стабильно высоким содержанием белка в семенах: усатый мофотип – Стоик, Орёл (25,7 %), Спрут, Орёл (26,2%), 05-273, Орёл (27,9%); листочковый морфотип К-7432, Польша (25,7%), Орловчанник, Орёл (25,8%) (рис. 4).

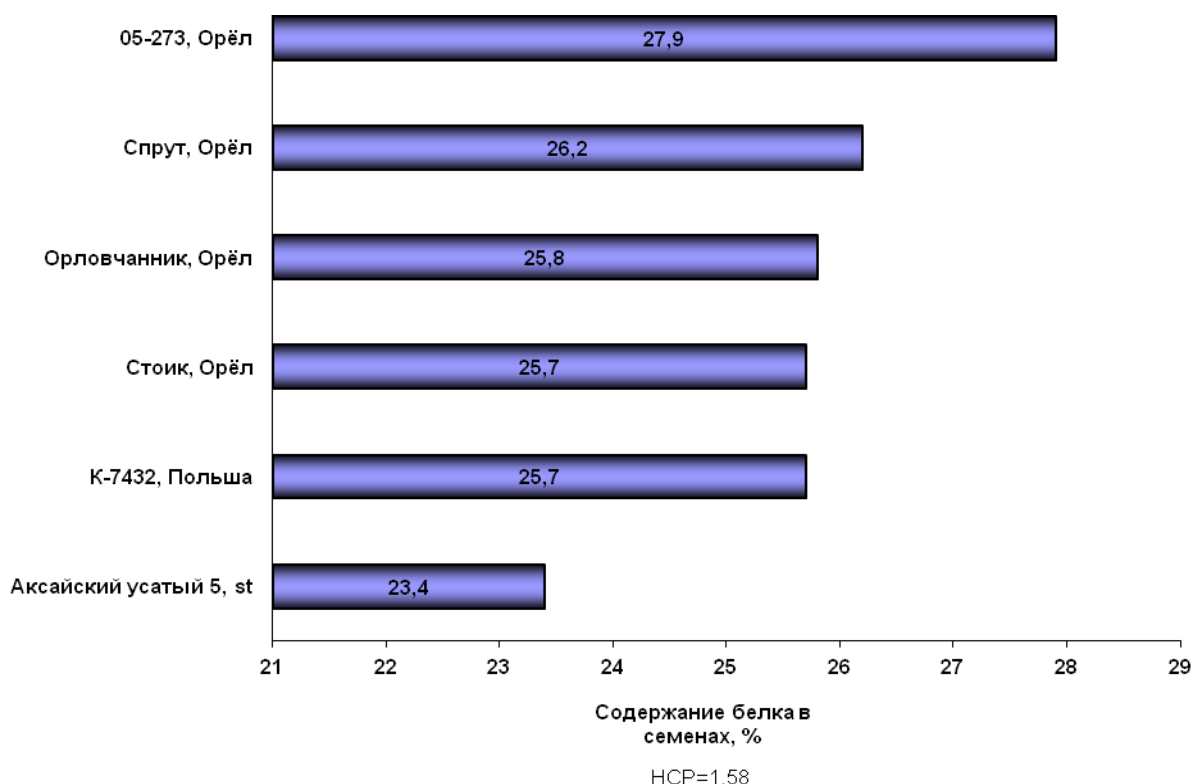


Рис. 4. Образцы с высоким содержанием белка в семенах

В результате исследований выявлена обратная корреляционная зависимость Пирсона между содержанием белка и урожайностью семян $r = -0,32$ (5%-ный уровень значимости).

2. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков гороха (2011-2015гг.)

Признак	Год изучения	X_{cp}	min-max	V%
---------	--------------	----------	---------	----

	2011	2012	2013	2014	2015			
Длина главного стебля, шт	41,8	48,1	42,1	50,3	54,4	47,3	20,1-103,6	11,4
Число междоузлий на растении, шт	14,9	13,8	14,2	11,3	11,7	13,2	9,0-21,1	12,1
Число бобов на растении, шт	3,7	4,4	3,6	3,4	4,3	3,9	2,0-8,8	11,0
Число семян в бобе, шт	3,6	3,9	3,9	4	4,1	3,9	1,9-5,8	4,8
Число семян с растения, шт	13,3	16,9	13,6	13,9	16,2	14,8	3,4-36,8	11,2
Масса семян с растения, г	2,9	3,3	2,1	2,3	2,46	2,6	1,0-8,3	18,5
Масса 1000 семян, г	223,4	197,3	157,6	154,5	202,4	187,0	91,9-304,3	16,0
Урожайность семян, т/г	2,0	2,2	1,2	1,8	2,0	1,8	1,2-3,0	20,9
Содержание белка в семенах, %	23,5	22,1	27,0	23,9	23,3	24,0	19,8-27,9	7,6

Заключение

В результате комплексного изучения 257 коллекционных образцов гороха различного эколого-географического происхождения выделены источники по основным хозяйственно-ценным и морфо-биологическим признакам и свойствам, которые отображены в «Международном классификаторе СЭВ рода PISUM L», а именно: по размаху изменчивости высоты растения, продолжительности межфазных периодов, семенной продуктивности, крупности семян, урожайности и качеству семян.

Корреляционным анализом выявлено, что урожайность семян гороха в группах с разным типом листа одинаково связана с числом бобов на растении и массой семян с растения; с числом междоузлий, числом семян на растении, числом семян в бобе она выражалась по-разному в зависимости от морфотипа.

Литература

1. Зотиков, В.И. Роль зернобобовых культур в решении проблемы кормового белка и основные направления по увеличению их производства [Текст] / В.И. Зотиков // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 2004. – С.256-260.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А.Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Международный классификатор СЭВ рода PISUM L [Текст]. – Л.: 1986. – 54 с.
4. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [Текст] – М.,1989 –194с.

5. *Омельянюк, Л.В.* Специфичность реакций сортообразцов гороха различного морфотипа на изменение гидротермического обеспечения периода вегетации / Л.В. Омельянюк [Текст] // Доклады РАСХН. – 2013. – № 2. – С. 20 – 23.
6. *Семёнова, Е.В.* Продуктивность образцов гороха (*PISUM SATIVUM L.*) из коллекции ВИР в условиях Ленинградской области / Е.В. Семенова, Д.В. Соболев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции [Текст]. Санкт-Петербург, 2009. – Том 166. – 615 с

Literature

1. *Zotikov, V.I.* Role of leguminous crops in solving the problems of fodder protein and main trends of its increase [Text] / V.I. Zotikov // Scientific supply of production of leguminous crops and groats. – Orel, 2004. – PP. 256-260.
2. *Dospekhov, B.A.* Methodology of field trial [text] / B.A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351p.
3. International comecon list of description for the species PISUM L [text]. - L.: 1986. – 54 p.
4. Methodology of State Variety testing of crops. [Text]. – M., 1989. –194p.
5. *Omelyanyuk, L.V.* Specificity of response of peas species of various morphotypes on hydrothermal supply of vegetation period / L.V. Omelyanyuk [Text] // Reports of RAA. – 2013. – № 2. – PP. 20 – 23.
6. *Semenova, E.V.* Productivity of peas (*PISUM SATIVUM L.*) from the collection of VIR in the conditions of Leningrad region / E.V. Semenova, D.V. Sobolev // Works on applied botany, genetics and breeding, [Text]. St.P., 2009. – V. 166. – 615p.