



УДК 633.358:559.551.5

К.С. ТЕМИРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,
И.С. САЛМИНА, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
М.К. ДОМАНСКАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции –
филиал Института цитологии и генетики РАН*

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: sibniirs@bk.ru

УРОЖАЙНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО РАЗЛИЧНОГО МОРФОТИПА

Представлены экспериментальные данные по изучению 16 селекционных линий гороха посевного различного морфотипа. Изучена взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка у селекционных линий гороха различного морфотипа – листочкового, безлисточкового (усатого) и хамелеон. Исследования проводили в 2012–2014 гг. в условиях лесостепи Западной Сибири по рекомендованным методикам. Посев осуществляли в оптимальные для культуры сроки сплошным рядовым способом. Размещение делянок систематическое. За стандарты приняты районированные в данной зоне сорта гороха посевного Новосибирец и Русь. Установлено, что современные видоизмененные формы в целом не уступают по урожайности и содержанию белка листочковым образцам, а в отдельных случаях превосходят их. При определении содержания белка в зерне выявлена тенденция снижения его содержания при росте урожайности. Выделены линии ТМ-1560, ТМ-1505, ТМ-1383, ТМ-1507, Титан × Таежный, сочетающие высокую урожайность (2,4–2,9 т/га) и повышенное содержание белка в зерне (23,9–27,7 %). Линия ТМ-1505 (хамелеон) с ярусной гетерофилией отличается высокими показателями продукционного процесса и повышенным биологическим потенциалом. Указанные линии представляют практическую ценность в селекционной работе по созданию генотипов, сочетающих высокие показатели урожайности и содержания белка в условиях лесостепи Западной Сибири. Проведенный корреляционный анализ выявил достоверную отрицательную связь ($-0,72$) между урожайностью и содержанием белка в 2012 г. у линий с обычным типом листа. В остальные годы изучения достоверной взаимосвязи между анализируемыми признаками не отмечено.

Ключевые слова: горох, морфотип, урожайность, корреляция, содержание белка.

В связи с растущим спросом на продовольственные и кормовые ресурсы, а также с необходимостью диверсификации современного растениеводства в последние годы большое внимание уделяется бобовым культурам [1]. Бобовые растения вносят решающий вклад в азотный баланс наземных экосистем и агроценозов. Расширение посевов позволяет не только увеличить производство высокобелкового зерна и сбалансированных по питательности кормов, но и одновременно улучшить плодородие почв [2].

Горох – один из основных источников ценного растительного белка, который широко используется для производства высокобелкового продовольственного зерна, зернофуража, зеленого корма, силоса, сенажа, травяной муки. Белок гороха (18–35 % в зерне и 13–24 % в зеленой массе) содержит до 34 % незаменимых аминокислот и является хорошим источ-

ником лизина. Сорта гороха по содержанию общего и растворимого белка уступают сортам сои, однако питательные свойства его остаются высокими из-за нулевой активности уреазы [3].

В процесс синтеза белка растения гороха в симбиозе с клубеньковыми микроорганизмами вовлекают азот воздуха, недоступный для большинства других растений. Помимо этого до 50–100 кг симбиотического азота/га накапливается в почве, что определяет ценность гороха как одного из лучших предшественников для других сельскохозяйственных культур. Большое значение при этом имеют относительно короткий вегетационный период и высокая биологическая активность корневой системы, которая способна усваивать фосфорнокислые и другие труднодоступные для зерновых злаков соединения [4].

Учитывая большое разнообразие экологических условий в местах возделывания гороха, в селекции используют контрастные по морфологическим признакам и биологическим особенностям образцы, как традиционные, так и оригинальные, с уникальным комплексом признаков, например люпиноид, обладающий фосцированным стеблем и сдвинутым в апикальную часть растения бобами [5]. Заслуживает внимания и рассеченно-листочковый морфотип, образцы которого сочетают высокую продуктивность биомассы с повышенным содержанием белка в семенах [6]. Белки семян таких морфотипов гороха представлены альбуминами, глобулинами и глютеинами. Основную часть белкового комплекса (65–75 %) составляет глобулиновая фракция, состоящая из легумино- и вицилиноподобных белков [7]. Целесообразность такого подхода определяется различием адаптивных реакций между группами морфотипов. По данным физиологов, листочковые формы по сравнению с безлисточковыми (усатыми) имеют более высокий потенциал продуктивности и устойчивости к абиотическим стрессорам, включая водный дефицит [8].

Изучение современных российских и иностранных сортов гороха в целом подтверждает вывод о наличии отрицательной корреляции между урожайностью и содержанием белка в семенах. Таким образом, селекция гороха на высокую урожайность часто сопровождается снижением содержания белка в семенах, что девальвирует значимость культуры как одного из основных продуцентов протеина. В связи с этим вектор селекции должен быть направлен не на достижение максимальной урожайности, а на улучшение показателей качества зерна на фоне стабилизации относительно высокого уровня продуктивности [9]. Также следует учитывать, что в последнее время в связи с активно разрабатываемыми в России технологиями глубокой переработки все больше внимания уделяется созданию специализированных сортов, в том числе и с повышенным содержанием белка в семенах [10].

Цель исследования – изучить взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка у селекционных линий гороха различного морфотипа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2012–2014 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции (СибНИИРС). Почва – дренированный выщелоченный чернозем средней мощ-

ности с содержанием гумуса 3,5–4,2 %. Реакция слабокислая 5,0–5,1; содержание P_2O_5 40–50 мг/100 г; K_2O 20–25 мг/100 г.

В качестве исходного материала для исследований использовали 16 селекционных линий гороха различного морфотипа селекции СибНИИРСа и НИИСХа Северного Зауралья. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (12–15 мая) сеялкой ССФК-7, сплошным рядовым способом с междурядьями 15 см и расстоянием между семенами 5 см. Глубина заделки семян 4–6 см. Размещение делянок систематическое. Площадь делянки 5 м² в трехкратной повторности, стандарты – через 10 номеров. За стандарты приняты районированные в данной зоне сорта Новосибирец и Русь. Всходы появлялись одновременно на всех делянках на 10–12-й день в зависимости от метеоусловий года. Уход за посевами заключался в поддержании междурядий и дорожек в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, борьбе с вредителями и болезнями путем опрыскивания соответствующими ядохимикатами.

Уборку проводили напрямую малогабаритным комбайном «САМПО-130». Анализ содержания белка в семенах осуществляли в лаборатории биохимии СибНИИРСа. Математическую обработку результатов исследований проводили согласно методике полевого опыта [11] и с использованием программы Microsoft Excel.

Крайне засушливым был 2012 г.: обеспеченность осадками в мае – 34,5 %, в июле – 6 % от средней многолетней нормы. Среднемесячная температура воздуха в мае составила 11,3 °С, что соответствовало многолетней норме, в июне – 21,8 °С, на 4,9 °С выше нормы. Погодные условия 2013 г. были нетипичными для северной лесостепи Западной Сибири. Среднемесячная температура воздуха в мае составила 8,6 °С, что соответствовало многолетней норме, в июне – 14,7 °С, на 2,2 °С ниже нормы. Обеспеченность осадками была выше нормы, в мае выпало 76,8 мм против 37 мм по многолетним данным. В 2014 г. среднемесячная температура воздуха составила в мае 10,0 °С, что соответствовало многолетней норме, в июне – 17,4 °С, на 0,5 °С выше среднемноголетней нормы. Год характеризовался неравномерным выпадением осадков: в мае выпало 136 % от нормы, в июне лишь 32 %.

Оптимальные условия для накопления белка складываются при сумме осадков в период цветения – созревания более 40 мм и среднесуточных температурах 19–20 °С [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальная урожайность зерна в опыте (2013 г. – 3,8 т/га) и в среднем за годы исследований (2,9 т/га) отмечена у линии листочкового морфотипа ТМ-1507 (Тюмень), при этом содержание белка в семенах составило 25,5 %, что на уровне среднего значения по опыту, но ниже, чем у стандартов. Высокую урожайность показали линии ТМ-1560, ТМ-1505, ТМ-1383 (2,6 т/га), СВ52Л × Детерминантный (2,5 т/га), Титан × Таежный (2,4 т/га), которые также характеризовались относительно низким содержанием белка. Следует отметить, что все высокопродуктивные линии, кроме ТМ-1505, являются листочковыми формами. Урожайность стандартов: 2,2 т/га у сорта Новосибирец и 2,4 т/га у сорта Русь.

Т а б л и ц а 1

Урожайность и биохимические показатели селекционных линий гороха

Название, происхождение	Морфотип	Содержание белка в семенах, %				Урожайность, т/га			
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее
Новосибирец (стандарт) (СибНИИРС)	Листочковый	24,0	29,3	25,0	26,1	1,8	2,8	2,2	2,2
Русь (стандарт) (СибНИИРС)	Усатый	24,7	26,4	26,2	25,7	1,6	3,2	2,4	2,4
ТМ-1505 (Тюмень)	Хамелеон	28,8	26,0	28,3	27,7	2,1	3,5	2,4	2,6
ТМ-1560 (Тюмень)	Листочковый	25,6	25,0	21,1	23,9	1,8	3,3	2,7	2,6
Титан × Аз-318 (СибНИИРС)	Усатый	28,4	31,2	27,4	29,0	1,8	2,8	2,2	2,2
ТМ-78 (Тюмень)	»	26,3	27,4	26,9	26,8	1,9	2,6	2,1	2,2
СВ52Л × Орловчанин (СибНИИРС)	Листочковый	30,2	24,5	26,8	27,1	1,6	2,5	1,5	1,8
ТМ-1507 (Тюмень)	»	27,0	25,0	24,5	25,5	2,3	3,8	2,6	2,9
ТМ-1484 (Тюмень)	»	28,7	29,8	26,8	28,4	1,6	3,0	2,1	2,2
Норд × Аз-318 (СибНИИРС)	Усатый	23,1	22,7	21,6	22,4	1,9	2,7	2,2	2,3
ТМ-1383 (Тюмень)	Листочковый	23,8	28,8	25,4	26,0	1,9	3,5	2,4	2,6
СВ52Л × Детерминантный (СибНИИРС)	»	29,8	22,2	22,1	22,7	2,0	3,2	2,4	2,5
Орловчанин-2 × Орловчанин (СибНИИРС)	»	27,5	24,0	25,0	25,5	1,5	3,1	1,5	2,0
Титан × Таёжный (СибНИИРС)	»	24,3	24,1	23,5	23,9	2,0	2,7	2,6	2,4
ТМ-62 (Тюмень)	Усатый	23,1	23,5	24,0	23,5	1,6	2,6	1,5	1,9
СВ52Л × Дударь (СибНИИРС)	Листочковый	24,1	24,0	22,5	23,5	2,1	2,8	1,5	2,1
СВ52Л × Орел (СибНИИРС)	Усатый	27,1	24,5	24,6	25,4	1,7	3,0	1,6	2,1
ТМ-249 (Тюмень)	»	26,9	28,4	24,6	26,6	1,7	2,8	2,1	2,2
Среднее по опыту НСР ₀₅		26,3	25,9	24,8	25,5	1,8 0,12	3,0 0,14	2,1 0,17	2,2

Наибольшее содержание белка в семенах у изучаемых линий отмечено в засушливом 2012 г. Максимальное значение было у листочковой линии СВ52Л × Орловчанин (30,2 %). В среднем за годы исследований выделились Титан × Аз-318 (усатый) – 29,0 %, ТМ-1484 (листочковый) – 28,4 %. При этом урожайность этих линий зарегистрирована на уровне стандартных сортов.

К группе высокобелковых относилась и линия ТМ-1505 – 27,7 % с ярусной гетерофилией, которая отличалась высокими показателями продукционного процесса и повышенным биологическим потенциалом (табл. 1). В целом при определении содержания белка в зерне выявлена тенденция снижения его содержания при росте урожайности.

В табл. 2 представлены результаты сравнительного изучения урожайности и содержания белка в группах сортов различного морфотипа: видоизмененный морфотип – 7 образцов, листочковый – 9.

В годы проведения исследований существенных различий по урожайности между группами морфотипов не отмечено. В избыточном по увлажнению 2013 г. листочковые формы превысили по урожайности видоизмененные образцы. В среднем в группе листочкового морфотипа урожайность была несколько выше (2,4 т/га), чем у видоизмененных форм (2,2 т/га). Однако линия видоизменного морфотипа ТМ-1505 (хамелеон) характеризовалась высокой урожайностью во все годы исследований, что свидетельствует о высокой экологической пластичности. Морфофизиологические особенности растений этой линии позволяют совмещать высокий потенциал семенной продуктивности и устойчивость к полеганию.

Проведенный корреляционный анализ выявил достоверную отрицательную связь ($-0,72$) между урожайностью и содержанием белка в 2012 г. у линий с обычным типом листа. В остальные годы изучения достоверной взаимосвязи между анализируемыми признаками не отмечено (табл. 3).

Таблица 2
Урожайность и содержание белка в группах гороха различного морфотипа

Морфотип	2012 г.		2013 г.		2014 г.		Среднее	
	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Урожайность, т/га	Содержание белка, %
Листочковый	1,9	26,7	3,1	25,2	2,1	24,1	2,4	25,3
Видоизмененный	1,8	26,2	2,8	26,2	2,0	25,1	2,2	25,8

Таблица 3
Коэффициенты корреляции между урожайностью и содержанием белка в группах гороха, различающихся по типу листа

Морфотип	Число линий	Год изучения			r05	r01
		2012 г.	2013 г.	2014 г.		
Листочковый	9	$-0,72^*$	0,21	$-0,40$	0,67	0,80
Видоизмененный	7	$-0,46$	0,08	0,18	0,75	0,85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучение селекционных линий гороха различного морфотипа в условиях лесостепи Западной Сибири показало, что современные видоизмененные формы в целом не уступают по урожайности и содержанию белка листовым образцам, а в отдельных случаях превосходят их.

2. Выделены линии ТМ-1560, ТМ-1505, ТМ-1383, ТМ-1507, Титан × Таежный, сочетающие высокую урожайность (2,4–2,9 т/га) и повышенное содержание белка в зерне (23,9–27,7 %). Указанные линии представляют практическую ценность в селекционной работе по созданию генотипов, сочетающих высокие показатели урожайности и содержания белка в условиях лесостепи Западной Сибири.

3. Проведенный корреляционный анализ выявил достоверно отрицательную связь ($-0,72$) между урожайностью и содержанием белка в 2012 г. в группе листового морфотипа. В остальных случаях достоверной взаимосвязи между анализируемыми признаками не отмечено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурляева М.О., Соловьева А.Е., Силенко С.И. Исследование генетического разнообразия чины посевной по адаптивности биохимических показателей зеленой массы // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 7. – С. 52–55.
2. Косолапов В.М. Новый этап развития кормопроизводства в России // Кормопроизводство. – 2007. – № 5. – С. 3–7.
3. Ашиев А.Р. Исходный материал гороха и его использование в условиях степи Республики Башкортостан: дис. ... канд. с.-х. наук. – Казань, 2014. – 184 с.
4. Кондыков И.В., Бобков С.В. и др. Современные европейские сорта гороха – урожайность и содержание белка // Зерн. хоз-во России. – 2010. – № 5 (11). – С. 17–20.
5. Соловьев Т.В., Лихенко И.Е. Особенности формирования урожая зерна гороха посевного различных морфотипов в условиях лесостепи Приобья // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 2. – С. 28–36.
6. Паспорта доноров и источники селекционно ценных признаков сельскохозяйственных культур. Горох (*Pisum sativum* L.). Формы с измененной архитектоникой листа / сост. А.Н. Зеленов, В.Ю. Щетинин и др. / под ред. В.И. Зотикова. – Орел, 2011. – Вып. 9. – 28 с.
7. Зеленов А.Н., Шелепина Н.В., Мамаева М.В. Особенности аминокислотного состава белка листовых мутантов гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 1 (5). – С. 21–25.
8. Новикова Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа // С.-х. биология. – 2009. – № 5. – С. 73–77.
9. Кондыков И.В. Основные достижения и приоритеты в селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1. – С. 37–46.
10. Задорин А.Д., Терехов А.М., Шумилин П.И. Пути увеличения производства зернобобовых культур в центральных районах России // Вестн. РАСХН. – 1997. – № 3. – С. 32–34.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 244 с.
12. Васякин Н.И. Селекция зернобобовых культур в Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Новосибирск, 2003. – 74 с.

Поступила в редакцию 13.09.2016

**K.S. TEMIROV, Candidate of Science in Agriculture, Researcher,
I.S. SALMINA, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher,
M.K. DOMANSKAYA, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher**

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology
and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: sibniirs@bk.ru

PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN BREEDING LINES OF PEA OF DIFFERENT MORPHOTYPES

Data are given from experiments on studying 16 breeding lines of pea of different morphotypes. There was studied relationship between yielding capacity and protein content in pea breeding lines of different morphotypes – leafy, leafless and chameleon. Investigations were carried out in 2012–2014 under conditions of West Siberian forest-steppe areas according to recommended techniques. Pea was sown at the optimal dates by the continuous drill sowing method. The placement of plots was systematic. The pea cultivars Novosibirets and Rus recognized for this agricultural area were taken as standards. It has been found that the current modified forms as a whole are not inferior to leafy samples in yield and protein content, and in some cases exceed them. When determining the protein content in grain, a tendency towards its reduction with the growth in productivity was revealed. There were selected the lines TM-1560, TM-1505, TM-1383, TM-1507, Titan x Tazhny combining high productivity (2.4–2.9 t/ha) and higher grain protein content (23.9–27.7%). The line TM-1505 (chameleon) with layered heterophylly is distinguished by higher parameters of the production process and increased biological potential. These lines are of practical value in breeding work for developing genotypes combining high levels of productivity and protein content under conditions of West Siberian forest steppe. The correlation analysis has revealed significant negative relationship (-0.72) between yield and protein content in lines with the usual type of the leaf in 2012. In the remaining years of study, no significant relationship between these traits was found.

Keywords: peas, morphotypes, yield, correlation, protein content.