

УДК 581.1

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА, СООТНОШЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ 7S И 11S ГЛОБУЛИНОВ В СЕМЕНАХ СОИ ГИБРИДНЫХ ЛИНИЙ F₆-F₈

В. Г. АДАМОВСКАЯ, О. О. МОЛОДЧЕНКОВА, В. И. СИЧКАРЬ,
Т. В. КАРТУЗОВА, Л. Я. БЕЗКРОВНАЯ, Г. Д. ЛАВРОВА

Селекционно-генетический институт —
Национальный центр семеноведения и сортоизучения НААН Украины
Украина, 65036, г. Одесса, Овидиопольская дорога, 3
e-mail: olgamolod@ukr.net

Цель. Целью работы явилось изучение характера изменения и взаимосвязи между содержанием и соотношением 7S и 11S глобулинов и количеством белка в семенах сои гибридных линий F₆-F₈ и их родительских форм разного генетического происхождения. **Методы.** При выполнении исследований был использован метод выделения 11S та 7S глобулинов сои, разработанный в лаборатории биохимии растений (Патент № 42181). **Результаты.** Установлены особенности содержания белка, 7S и 11S глобулиновых белков и их соотношения в семенах сои гибридных линий F₆-F₈ и их родительских форм разного генетического происхождения. Отмечено отсутствие тесной взаимосвязи у гибридных линий F₆-F₈ и у их родительских форм между суммарным количеством белка и содержанием 7S и 11S глобулинов. **Выводы.** Проведенный анализ изучения взаимосвязи содержания и соотношения 7S и 11S глобулинов с содержанием белка в семенах сои гибридных линий F₆-F₈ и их родительских форм показал, что условия выращивания вносят значительный вклад в степень выраженности этих показателей, вследствие чего программа индивидуального отбора генотипов при селекции сои продовольственного направления должна быть дифференцирована по годам.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* L.), белок, 7S и 11S глобулины.

Введение. Основным биохимическим компонентом семян сои является белок. По данным разных авторов, в семенах этой культуры может накапливаться в среднем от 38,0–42,0 % белка с варьированием этого показателя от 30 до 50 %. Продовольственная проблема и задача обеспечения населения высококачественным белком продолжает оставаться одной из самых актуальных, и особая роль в решении этой проблемы отводится сое. По полноценности соевый белок является одним из лучших растительных белков, легко усваивается организмом человека, и по соотношению аминокислот близок к белкам животного происхождения (за исключением серосодержащих аминокислот).

Белки сои неоднородны по структуре и функциям. Установлено, что наиболее перспективными белками для производства продуктов питания являются глобулины, которые имеют константу седиментации 7S (β-конглицинин) и 11S (глицинин). Содержание и соотношение 7S и 11S глобулиновых фракций в суммарном белке сои определяют их питательную ценность и направление использования, так как они неодинаково сбалансированы по аминокислотному составу и различаются по функциональным свойствам. Содержание 7S и 11S глобулинов, по нашим и литературным данным [1–3], колеблется для 7S глобулинов в интервале 18,8–28,8 %, а для 11S глобулинов — 30,8–39,9 %, при этом соотношение этих фракций в суммарном белке находится в интервале 0,7–1,8 %. В литературе существует несколько противоречивых мнений о наличии взаимосвязи между содержанием белка в семенах сои и содержанием, соотношением 7S и 11S глобулинов.

© В. Г. АДАМОВСКАЯ, О. О. МОЛОДЧЕНКОВА, В. И. СИЧКАРЬ, Т. В. КАРТУЗОВА, Л. Я. БЕЗКРОВНАЯ, Г. Д. ЛАВРОВА, 2016

Так Yoklich et al., изучая высокобелковые линии сои отметили, что они содержат больше β -конглицинина и глицинина в белках изучаемых линий по сравнению со стандартными сортами [4]. В то же время Harada et al. в своих исследованиях регистрировали отсутствие тесной корреляционной связи между содержанием белка в семенах сои и содержанием, соотношением 11S и 7S глобулинов в белке [5]. Анализируя две высокобелковые изолинии сои, Moraes et al. обнаружили, что увеличение содержания 11S глобулинов в белке не влечет за собой изменение содержания 7S глобулинов, и как следствие, отмечается увеличение соотношения 11S/7S глобулинов в белке [6]. Самое высокое соотношение 11S/7S глобулинов, по литературным данным, имеет гибрид Tohoku 124 [7].

Одновременно этими авторами был создан гибрид сои, у которого полностью отсутствовала 7S глобулиновая фракция, а суммарное содержание белка в семенах находилось на уровне родительских форм. Аналогичные результаты были получены нами в ходе исследования содержания 7S и 11S глобулинов у гибридных линий F_3 , F_4 сои. Как показали наши исследования, содержание 7S и 11S глобулинов практически не изменялось по годам изучения как у гибридных линий, так и у их родительских форм, и как следствие, незначительно изменялось соотношение 11S/7S глобулинов в белке. При этом следует подчеркнуть, что содержание белка у изучаемых гибридных линий F_4 составляло 44,9 %, а у гибридных линий F_3 — 40,7 % при практически одинаковом соотношении 11S/7S глобулинов (у гибридных линий F_3 — 1,4; у гибридных линий F_4 — 1,3) [8].

С расширением ареала возделывания сои и увеличением процента ее использования в пищевых целях, особое внимание предьявляется к качеству белков сои и улучшению их технологических свойств, которые как показано нами и другими исследователями, во многом определяются содержанием и соотношением 7S и 11S глобулинов в семенах сои. Исходя из этого, целью наших исследований было изучение характера изменения и взаимосвязи между содержанием и соотношением 7S и 11S глобулинов и количеством белка в семенах сои гибридных линий F_6 - F_8 и их родительских форм разного генетического происхождения.

Материалы и методы

Исследования проводились на гибридных линиях растений F_5 - F_7 (семенах F_6 - F_8) сои (*Glycine max* L.) (урожай 2013, 2014 года): Медея × ВИР

5048, g [mS₁T × Токуо × K4937) × Kiszelniska, Хей-нун × (K₁₂ × Чернобурая), Дельта × Валюта, Вилана × [Юрьевка × Изумрудная], Орел × Киевская и их родительских формах: Медея, ВИР 5048, g [mS₁T × Токуо × K4937) × Kiszelniska, Хей-нун, K₁₂ × Чернобурая, Дельта, Валюта, Вилана, Юрьевка × Изумрудная, Орел, Киевская. Семена были предоставлены отделом селекции, генетики и семеноводства бобовых культур СГИ-НЦСС. Полевые опыты проводили на опытной базе СГИ-НЦСС «Дачная». Гибридные линии выращивали в селекционных рассадниках по комбинациям однорядными деланками длиной 2,5 м. Каждая линия была потомством 1 растения. Гибридные линии размещали по комбинациям, каждая из которых начиналась с материнской формы и заканчивалась отцовской. Каждым 20-ым номером служил сорт-национальный стандарт.

Содержание белка в семенах сои определяли по методу Къельдаля на анализаторе Kjeltec Auto 1030. Выделение и идентификацию 7S и 11S глобулинов сои проводили методами, разработанными и усовершенствованными в нашей лаборатории [9]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета программ «Анализ данных электронных таблиц «Microsoft Excel» (средняя арифметическая (\bar{x}), стандартная ошибка средней (s_x), коэффициент корреляции (r)).

Результаты и обсуждение

Для селекции на качество семян важное значение имеет знание особенностей проявления признака, а также изменчивость его в зависимости от форм, используемых в скрещиваниях. Для целенаправленного формирования и улучшения качества белков необходимо наличие в арсенале селекционера методов, позволяющих с достаточной высокой точностью и на ранних этапах селекции проводить отбор селекционного материала.

С помощью усовершенствованного нами метода было проведено выделение 7S и 11S глобулинов и определение их содержания и соотношения у гибридных линий F_6 и F_8 , их родительских форм разного генетического происхождения и сортов-стандартов для нашего региона. Как видно из результатов, представленных в таблице 1, сорта-стандарты Аркадия одесская и Ятрань характеризовались более высоким содержанием глобулиновой фракции по сравнению с другими сортами и формами, используемыми в скрещиваниях в данном эксперименте (за исключением сортов Валюта и Хей-нун). При этом сорт Аркадия одесская характеризовался

практически одинаковым содержанием 7S и 11S глобулинов, а у сорта Ятрань регистрировалось высокое содержание 7S глобулиновой фракции при практически одинаковом содержании белка у этих сортов (50,8 и 51,4 % соответственно). Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что сорта и гибридные линии F₆ значительно различались как по содержанию 7S и 11S глобулинов, так и по их соотношению в глобулиновой фракции белков сои. Так, содержание 11S глобулинов у изучаемых сортов и гибридных линий F₆ сои колебалось в интервале от 27,8 до 42,5 %, а содержание 7S глобулинов в интервале 32,0–60,9 % соответственно (табл. 1). Такая высокая амплитуда колебания по содержанию этих показателей в семенах сои, учитывая то, что их количественное содержание, как было показано нами ранее, определяет направленность их использования на приготовление определенных продуктов питания, указывает на возможность отбора генотипов сои, отвечающих необходимым для производства параметрам.

Важным показателем качества семян сои является также соотношение 11S и 7S глобулиновых фракций в белках семян сои, так как они неодинаково сбалансированы по аминокислотному составу (7S глобулины содержат меньше серосодержащих аминокислот). Как видно из данных, представленных в таблице 1, у родительских форм и гибридных линий F₆, созданных на их основе, этот показатель находится в интервале 0,49–1,19 %, что свидетельствует о

возможности отбора биотипов сои, сбалансированных по аминокислотному составу этих фракций. При этом следует отметить отсутствие тесной взаимосвязи у гибридных линий F₆ и у их родительских форм между суммарным количеством белка и содержанием 7S и 11S глобулинов ($r = -0,32$; $r = 0,032$ соответственно).

Следующим этапом наших исследований было изучение характера изменения содержания и соотношения 7S и 11S глобулинов в семенах гибридных линий F₈ сои и их родительских форм. Анализ межсортных различий по характеру изменения содержания 7S и 11S глобулинов, представленный в таблице 2, в определенной степени подтвердил высказанное зарубежными авторами мнение о том, что количественное содержание этих фракций не зависит от содержания белка в семенах сои. Так, сорта сои Дельта, Валюта и Хей-нун при практически одинаковом содержании белка в семенах (43,6 %; 43,6 %; 42,4 %) характеризовались разным содержанием 11S глобулинов, а именно 35,4 %, 26,4 %, 37,0 %. При анализе характера изменения содержания 7S глобулинов в белке у изучаемых сортов было отмечено, что, как правило, высокому уровню содержания белка в семенах соответствовал высокий выход 7S глобулинов ($r = 0,55$). В то же время у трех родительских форм, характеризовавшихся высоким содержанием белка, было отмечено низкое содержание 7S глобулинов (Орел, Медея, ВИР 5048).

Таблица 1. Содержание и соотношение 7S и 11S глобулинов в семенах сои гибридных линий F₆ и их родительских форм (% от суммарной фракции глобулинов)

Сорт, линия	Суммарная фракция глобулинов, %	11S глобулины, %	7S глобулины, %	11S/7S	Содержание белка в обезж. муке, %
Медея ♀	78,3	42,5	35,8	1,19	52,5
ВИР 5048 ♂	76,3	31,7	44,8	0,71	56,9
Медея × ВИР 5048 F ₆	77,3	38,7	38,6	1,00	53,2
Аркадия одесская	84,5	43,4	41,1	1,05	50,8
Ятрань	91,7	47,1	52,8	0,89	51,4
mS ₁ T × Tokyo × к 4937 ♀	67,7	27,8	39,9	0,70	53,1
Kiszelniska ♂	35,7	14,6	31,1	0,47	51,6
[mS ₁ T × Tokyo × к 4937] × Kiszelniska F ₆	87,0	37,7	49,3	0,76	51,4
—/—	83,2	34,6	48,7	0,71	49,9
Хей-нун ♀	88,9	46,9	41,9	1,1	52,3
К-12 × Чернобурая ♂	67,7	35,7	32,0	1,1	55,3
(Хей-нун × К-12 × Чернобурая) F ₆	90,5	29,6	60,9	0,49	52,8
—/—	82,6	36,6	46,0	0,80	49,9
Дельта ♀	79,7	36,2	43,5	0,83	48,4
Валюта ♂	88,8	36,8	51,9	0,70	54,3
Дельта × Валюта F ₆	81,4	34,6	46,9	0,74	50,2
max	91,7	42,5	60,9	1,1	56,9
min	35,7	27,8	32,0	0,49	49,9
Среднее (x)	78,8 ± 3,39	35,9 ± 1,98	44,1 ± 1,96	0,82 ± 0,05	52,1 ± 0,54

Таблица 2. Содержание 7S и 11S глобулинов и их соотношение в семенах сои гибридных линий F₈ и их родительских форм, в %

Сорт, линия	Белок, %	11S	7S	11S/7S
g [mS ₁ T × Токуо × K4937] ♀	47,3	31,0	23,3	1,33
Kiszelniska ♂	48,8	31,4	29,4	1,06
mS ₁ T × Токуо × K 4937] × Kiszelniska F ₈	45,1	33,7	20,4	1,68
Вилана ♀	42,6	41,0	23,6	1,74
Юрьевка × Изумрудная ♂	47,1	38,0	24,0	1,58
Вилана × [Юрьевка × Изумрудная] F ₈	49,5	41,8	42,6	1,02
Дельта ♀	43,6	35,4	20,0	1,77
Валюта ♂	43,6	26,4	20,0	1,77
Дельта × Валюта F ₈	47,4	37,3	27,8	1,42
Медея ♀	46,4	38,4	19,2	2,00
ВИР 5048 ♂	45,5	38,2	15,8	2,50
Медея × ВИР 5048 F ₈ (высокобелковые линии n=6)	47,8	30,2	19,4	1,61
Медея × ВИР 5048 F ₈ (среднебелковые линии n=9)	46,1	32,3	21,5	1,55
Медея × ВИР 5048 F ₈ (низкобелковые линии n=7)	44,4	32,6	20,2	1,74
Хей-нун ♀	42,4	37,2	21,0	1,77
K-12 × Чернобурая ♂	45,7	32,0	29,8	2,00
Хей-нун × K-12 × Чернобурая) F ₈	45,8	35,0	30,46	1,14
max	49,5	41,8	42,6	2,50
min	42,4	26,4	15,8	1,02
Среднее (x)	45,8 ± 0,5	34,8 ± 1,0	24,0 ± 1,5	1,6 ± 0,08

При анализе характера изменения содержания 7S глобулинов в белке у изучаемых сортов было отмечено, что, как правило, высокому уровню содержания белка в семенах соответствовал высокий выход 7S глобулинов ($r = 0,55$). В то же время у трех родительских форм, характеризовавшихся высоким содержанием белка, было отмечено низкое содержание 7S глобулинов (Орел, Медея, ВИР 5048). При этом следует отметить, что при детальном изучении на большом количестве гибридных линий F₈ Медея × ВИР 5048, Дельта × Валюта, разделенных на группы по содержанию белка, было показано, что не всегда высокому содержанию белка соответствует высокое содержание 7S глобулиновой фракции. Эти результаты подтвердили аналогичные данные, полученные бразильскими исследователями, которые позволили им высказать мнение о возможности проведения отбора генотипов сои с заведомо известным содержанием конкретных фракций [10]. В дальнейшем на большом объеме изученных линий было установлено, что климатические условия выращивания значительно влияют на содержание и, как следствие, на соотношение 7S и 11S глобулиновых фракций в белке семян сои (коэффициент корреляции между содержанием белка и 11S/7S в семенах гибридных линий F₆ (2013 г.) $r = 0,25$ при $p = 0,05$; коэффициент

корреляции между содержанием белка и 11S/7S в семенах гибридных линий F₈ (2014 г.) $r = -0,54$ при $p = 0,05$) [11]. Одним из возможных объяснений значительного варьирования внутри линий по изученным показателям может быть проявление действия одного гена с разной экспрессией у различных растений под влиянием неодинаковых физиологических и внешних средовых условий.

Выводы

Проведенный анализ взаимосвязи содержания и соотношения 7S и 11S глобулинов с содержанием белка в семенах сои гибридных линий F₆-F₈ и их родительских форм показал, что условия выращивания вносят значительный вклад в степень выраженности этих показателей, вследствие чего программа индивидуального отбора генотипов при селекции сои продовольственного направления должна быть дифференцирована по годам.

Список литературы

1. Клименко В. Г. Белки семян бобовых растений. — Кишинев, 1978. — Штица. — 344 с.
2. Адамовская В. Г., Молодченкова О. О., Сичкарь В. И., Цисельская Л. И. Сортовые особенности белково-ферментного комплекса и технологические характеристики сортов сои // Хранение и переработка зерна. — 2003. — № 10 (52). — С. 27–52.
3. Адамовская В. Г., Молодченкова О. О., Сичкарь В. И., Цисельская Л. И. Біохімічні особливості білкового ком-

- плексу насіння сої та використання його у виробництві // Тематичний науковий збірник «Селекція і насінництво». Харків. — 2005. — Вип. 90. — С. 162–175.
4. *Yaklich R. W.* β -Conglicinin and glicinin in high-protein soybean // *G. Agric. Food.Chem.* — 2000. — V. 49. — P. 729–735.
 5. *Harada K., Toyokawa Y., Kitamura K.* Genetic analysis of the most acidic 11S globulin subunit and related characters in soybean seeds // *Japanese Journal of Breeding.* — 1983. — V. 33. — P. 23–30.
 6. *Moraes R. M. A., de Josel. C., Ramos F. G., Barros E. G. de, Moreira M. A.* Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína // *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* — 2006. — V. 41. — P. 725–729.
 7. *Takahashi M., Hajika M., Matsunaga R. et al.* Breeding soybean variety lacking β -conglycinin by in production of Scg gene from wild soybean // In *International soybean processing and utilization conference 3.* — Tsukuba proceedings. Tsukuba «The Japanese Society for food and science and technology». — 2000. — P. 45–46.
 8. *Адамовская В. Г., Молодченкова О. О., Сичкар В. И., Лаврова Г. Д., Картузова Т. В., Безкровная Л. Я.* Содержание 7S и 11S глобулинов и их взаимосвязь с белковостью семян гибридных популяций сои // *Сборник научных трудов СГИ.* — 2014. — Вып. 23 (63). — С. 37–42.
 9. *Адамовська В. Г., Молодченкова О. О., Сичкар В. И., Цісельська Л. Й., Сагайдак Т. В.* Патент на корисну модель № 42181. Спосіб добору сої. 25.06.2009 р.
 10. *Carrao-Panizzi M. C., Kwanyuen P., Erhan Z., Lopes I. O. N.* Genetic variation and environmental effects on the beta-conglycinin and glicinin content in Brazilian soybean cultures // *Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* — 2008. — V. 43. — N. 9. — P. 1105–1114.
 11. *Galao O. F., Teixeira A. I., Moreira M. A., Carrao-Panizzi M. C., Visentainer J. V.* Variation in genetic and environmental effects of beta-conglycinin (7S) and glicinin (11S) protein fractions conventional and GM soybean cultivar grown in Southern Brazil // *Semina: Ciências Agrárias, Londrina.* — 2013. — V. 34. — N. 2. — P. 683–692.

Представлена Козуб Н. О.
Надійшла 1.10.2016

АНАЛІЗ ВМІСТУ БІЛКА, СПІВВІДНОШЕННЯ ТА ВМІСТУ 7S І 11S ГЛОБУЛІНІВ В НАСІННІ СОЇ ГІБРИДНИХ ЛІНІЙ F₆-F₈

В. Г. Адамовська, О. О. Молодченкова, В. І. Сичкар, Т. В. Картузова, Л. Я. Безкровна, Л. Д. Лаврова

Селекційно-генетичний інститут —
Національний центр насіннезнавства
та сортовивчення НААН України
Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3
e-mail: olgamolod@ukr.net

Мета. Метою роботи є вивчення характеру зміни та взаємозв'язку між вмістом та співвідношенням 7S і 11S глобулінів та кількістю білка в насінні сої гібридних ліній F₆-F₈ та їх батьківських форм різного генетичного походження. **Методи.** При виконанні досліджень було використано метод виділення 11S і 7S глобулінів сої, розроблений в лабораторії біохімії рослин (Патент № 42181). **Результати.** Встановлені особливості вмісту білка, 7S та 11S глобулінових

білків та їх співвідношення в насінні сої гібридних ліній F₆-F₈ та їх батьківських форм різного генетичного походження. Відмічено відсутність тісного взаємозв'язку у гібридних ліній F₆-F₈ та у їх батьківських форм між сумарною кількістю білка та вмістом 7S та 11S глобулінів. **Висновки.** Проведений аналіз взаємозв'язку вмісту та співвідношення 7S та 11S глобулінів з вмістом білка в насінні сої гібридних ліній F₆-F₈ та їх батьківських форм показав, що умови вирощування вносять значний вклад в ступінь вираженості цих показників, внаслідок чого програма індивідуального добору генотипів при селекції сої продовольчого напрямку повинна бути диференційована за роками.

Ключові слова: соя (*Glycine max* L.), білок, 7S та 11S глобуліни.

ANALYSIS OF PROTEIN CONTENT AND LEVEL OF 7S AND 11S GLOBULINS, THEIR RATIO IN THE SOYBEAN SEED OF F₆-F₈ HYBRID LINES

V. G. Adamovskaya, O. O. Molodchenkova, V. I. Sichkar, T. V. Kartuzova, I. Y. Bezkravnaya, G. D. Lavrova

Plant Breeding & Genetic Institute —
National Center of Seed and Cultivar Investigation
Ukraine, 65036, Odessa, Ovidiopskaya doroga, 3
e-mail: olgamolod@ukr.net

Aims. The goal of research was to study a character of changes and relationship between level of 7S and 11S globulins, their ratio and protein content in the soybean seed of F₆-F₈ hybrid lines and their parental forms of different genetic origin in the connection of protein quality breeding. **Methods.** 7S and 11S globulins were isolated by method, which was developed in the Laboratory of Plant Biochemistry (Patent # 42181). **Results.** The features of 7S and 11S globulins content and their ratio in the soybean seed of F₆-F₈ hybrid lines and their parental forms of different genetic origin were identified. It was established, that varieties and hybrid lines are characterized by considerable distinctions of 7S and 11S globulins contents and their ratio in the soybean protein. A connection between 7S and 11S globulins levels and protein content in the seed of soybean F₆-F₈ hybrid lines wasn't established. **Conclusions.** It was elucidated that the growth conditions influence on the protein content, 11S and 7S globulins level, their ratio and relationship between these parameters in the soybean seeds of F₆-F₈ hybrid lines and their parental forms of different genetic origin, so that have to be introduced in the selection program of soybean genotypes of food direction soybean breeding as these parameters connected with the food nutritional quality.

Keywords: *Glycine max* L., protein, 11S globulin, 7S globulin.