

***ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНОГО СКЛАДУ НАСІННЯ СОЇ ДЛЯ ДОБОРУ СОРТІВ  
ПРОДОВОЛЬЧОГО НАПРЯМУ***

---

Молодченкова О. О., Адамовська В. Г., Січкач В. І., Картузова Т. В., Безкровна Л. Я.,  
Лихота О. Б., Лаврова Г. Д.  
Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,  
Україна

Проведено дослідження біохімічних показників, що визначають харчову цінність насіння, у сортів сої української та закордонної селекції. Показано, що досліджені сорти сої значно відрізнялися за вмістом сумарного білка, 7S і 11S глобулінових фракцій та ізофлавононів. Установлено міжсортівий поліморфізм за компонентним складом 7S та 11S глобулінів насіння сої, визначено особливості вмісту, співвідношення та компонентного складу 7S і 11S глобулінових білків у генотипів різного філогенетичного походження, гібридів F<sub>2</sub>–F<sub>8</sub> сої та їх батьківських форм. Розроблено та рекомендовано для наукових установ, які займаються селекцією сої продовольчого напрямку, експрес-метод виділення та ідентифікації 7S та 11S глобулінових фракцій насіння сої, який дозволяють швидко вести оцінку селекційного матеріалу за даними показниками. Отримані результати можуть бути використані для добору сортів сої продовольчого напрямку.

***Ключові слова:*** соя, білок, 7S та 11S глобуліни, ізофлавонони, якість насіння

**Вступ.** Основним джерелом рослинного білка та інших харчових речовин для населення всіх країн світу є зернові та зернобобові культури [1]. Проблема забезпечення населення продовольством в світі стає все більш актуальною. Особливе місце серед цих культур відводиться соє. На світовому ринку соя вважається стратегічною культурою XXI століття і все більше країн Європи, Азії та Америки, використовуючи сучасні технології виділення та очистки білків сої, застосовують їх для виробництва продуктів харчування. На сьогоднішній день соя – один із чинників системи “здорове харчування”, яка завойовує все більше прихильників. Із сої отримують соєве молоко, яке йде на приготування сумішей для годування грудних дітей – майбутнє нації. Постійне вживання продуктів із сої зменшує синтез холестерину, регулює обмін речовин, зменшує накопичення жирів. Крім того, соєпродукти дуже корисні при серцево-судинних, алергічних та онкологічних захворюваннях, а також цукровому діабеті, ожирінні, патології опорно-рухового апарату.

**Аналіз літературних джерел, постановка проблеми.** Основним біохімічним компонентом насіння сої є білок. За даними різних авторів, в насінні цієї культури може накопичуватися в середньому 38–42 % білка з варіюванням цього показника від 30 до 50 % [2, 3]. Соя – одна із небагатьох рослин, у яких білок збалансований за амінокислотним складом набагато краще, ніж багато тваринних білків, більш того він містить всі амінокислоти ВСАА: валін, ізолейцин, лейцин. Неминучий, в зв'язку з дефіцитом тваринних білків у харчуванні людини, перехід до глибокої переробки насіння сої та розширення її використання на харчові цілі, підвищує вимоги до якості насіння сої. Тому основним напрямом сучасної селекції сої є покращення якості насіння – досягнення максимально високого вмісту білка, оптимізація його якісного складу та технологічних властивостей. Встановлено, що найбільш перспективними білками для виробництва продуктів харчування є глобуліни,

а саме 7S ( $\beta$ -конгліцинін) і 11S (гліцинін) глобулінові фракції, які характеризуються четвертинною структурою і неоднаково збалансовані за амінокислотним складом. 7S і 11S глобулінові фракції мають четвертинну структуру, складаються з окремих субодиниць, кожна з яких має кислу і лужну білкові молекули, які пов'язані між собою дисульфідними зв'язками. 7S глобулін є глікопротеїном і складається з 3 субодиниць  $\alpha'$  – 76 кДа,  $\alpha$  – 72 кДа,  $\beta$  – 52 кДа [4]. 11S глобулін складається з 6 субодиниць, причому кожна субодиниця – з двох протомерів, з'єднаних дисульфідними зв'язками, а різні комбінації ізомерів субодиниць лежать в основі поліморфізму цих білків [5]. Саме ці характеристики 7S і 11S глобулінових фракцій соєвих білків і визначають їх функціональні властивості та якість харчових продуктів.

Зернобобові культури, зокрема соя, містять значну кількість поліфенольних сполук, зокрема флавоноїдів, які є природними антиоксидантами і мають широкий спектр біологічної активності. Інтерес учених різних спеціальностей, в тому числі селекціонерів, до флавоноїдів викликаний різноманітним біологічним та фармакологічним ефектом, які ці сполуки проявляють в організмі людини та тварин. На сьогодні визначений широкий спектр дії цих сполук в організмі людини: капіляроукріплююче, спазмолітичне, антистресове, протизапальне, антигрибкове, антибактеріальне, противірусне, противиразкове, антитоксичне, антиалергічне, антиатеросклеротичне, антиаритмічне, антигіпертензивне, імуномодулююче, антиканцерогенне, нефропротекторне, естрогеноподібне, гепатопротекторне. Встановлені властивості флавоноїдів відкривають широкі можливості їх використання в якості лікарських засобів, які не мають серйозних побічних ефектів, на відміну від синтетичних аналогів [6].

**Мета і задачі дослідження.** Виходячи з вищевикладеного, метою наших досліджень було дослідити біохімічні показники, що визначають якість насіння, в тому числі характер змін сумарного вмісту білка та ізофлавонів, вмісту та компонентного складу 7S і 11S глобулінів, їх співвідношення у білку насіння сортів, гібридів та гібридних ліній сої різного генетичного походження для розробки критеріїв добору генотипів сої продовольчого напрямку.

**Матеріал і методи.** Дослідження проводили на сортах сої (*Glycine max*.L.) різного генетичного походження (Валенсія, Березина, Мельпомена, Арія, Васильківська, Антарес, Ельдорадо, Данко, Блискавиця, Мар'яна, Донька, Сяйво, Одеська 150, Аркадія одеська, Ятрань, Фарватер, Юг-30, Оріана, Хуторянка, Вінні, Монада, Смолянка, Оксана), п'яти гібридних комбінаціях F<sub>2</sub>-F<sub>4</sub> сої, які відрізнялися за вмістом білка – каротину в присутності лінолевої кислоти при довжині хвилі 440 нм. (Аметист х Ольса, Куйбишевська х Аполлон, Паркер х Устя, Вілана х Степовичка, Вілана х Юр'ївка х Изумрудна) та їх батьківських формах (Аметист, Ольса, Куйбишевська, Аполлон, Паркер, Устя, Вілана, Степовичка та Юр'ївка х Изумрудна); гібридних ліній рослин F<sub>5</sub> сої (насіння F<sub>6</sub>): Медея х ВІР 5048, [mS<sub>1</sub>T х Токуо х K4937] х Kiszelniska, Хей-нун х (К-12 х Чорнобура), Дельта х Валюта та їх батьківських формах (Медея, ВІР 5048, g[mS<sub>1</sub>T х Токуо х K4937], Kiszelniska, Хей-нун, К-12 х Чорнобура, Дельта, Валюта); гібридних ліній рослин F<sub>7</sub> сої (насіння F<sub>8</sub>): Медея х ВІР 5048, g[mS<sub>1</sub>T х Токуо х K4937] х Kiszelniska, Хей-нун х (К-12 х Чорнобура), Дельта х Валюта, Вілана х [Юр'ївка х Изумрудна], Орел х Київська 98 та їх батьківських формах (Медея, ВІР 5048, g[mS<sub>1</sub>T х Токуо х K4937], Kiszelniska, Хей-нун, [К-12 х Чорнобура], Вілана, [Юр'ївка х Изумрудна] Дельта, Валюта, Орел, Київська 98), насіння яких були надані відділом селекції, генетики та насінництва бобових культур СГІ-НЦНС, генотипах сої з визначеним станом генів гліциніна та  $\beta$ -конгліциніна: Williams 82 (дикий тип,  $\alpha'$ -субодиниці  $\beta$ -конгліциніна та G4-субодиниці гліциніна), Lai wa dou (позитивний контроль G4-субодиниці гліциніна), Harovinton (повний комплект субодиниць гліциніна і  $\beta$ -конгліциніна), Enrei (А<sub>4</sub>.нуль-алель → відсутність G4-субодиниці), Kiburі (мутантний тип  $\alpha'$ -субодиниці  $\beta$ -конгліциніна), Raiden (алель Ggy1 → присутність  $\alpha'$ -субодиниці  $\beta$ -конгліциніна; рецесивний алель gy4 → відсутність G4-субодиниці (А<sub>5</sub>А<sub>4</sub>В<sub>3</sub>), P1 468904, P1468906 (алель Gy4-a, субодиниця гліциніна А<sub>5</sub>А<sub>4</sub>В<sub>3</sub> (дикий тип)), P1 468906, P1 468918 (*Glycinesoja*) (алель Gy4-b, субодиниця гліциніна А<sub>5</sub>А<sub>4</sub>В<sub>3</sub>(варіант), насіння яких отримано з NationalPlantGermplasmSystem.

У лабораторних дослідженнях використовували стандартні з нормативами для України та адаптовані методи біохімічного аналізу:

– визначення білка проводили методом К'ельдаля на KjltecAuto-1030;

– виділення та ідентифікацію 7S і 11S глобулінів сої проводили методом, розробленим та удосконаленим в лабораторії [7];

– електрофорез білків проводили в 15 % ПААГ, який містив 1 % SDS з використанням системи фірми Nem-Hoff. В якості маркерів молекулярної маси використовували наступну білкову суміш: 109 кДа – колагеназа, 97 кДа – фосфорілаза В, 67 кДа – бичачий сироватковий альбумін, 45 кДа – альбумін яечний, 30 кДа – карбонангідраза, 20,1 кДа – інгібітор трипсину, 14,4 кДа –  $\alpha$ -лактальбумін. Вміст субодиниць 7S та 11S глобулінів визначався за допомогою програм аналізу зображень “ImageJ” та “AnaIS”;

– вміст сумарних ізофлавононів визначали спектрофотометричним методом [8];

– жиру визначали екстракційним методом [9];

– активність інгібітора трипсину визначали за зменшенням швидкості гідролізу казеїну ензимом у присутності інгібітора [10];

– активність ліпоксигенази визначали спектрофотометричним методом в реакції зв’язаного окиснення  $\beta$ -каротину в присутності лінолевої кислоти при довжині хвилі 440 нм [11].

Статистична обробка результатів досліджень проводилася за допомогою пакету програм "Аналіз даних електронних таблиць "MicrosoftExcel".

**Обговорення результатів.** У лабораторії біохімії рослин СГІ–НЦНС протягом останніх років проаналізовані та систематизовані результати багаторічного вивчення білкового комплексу насіння сої закордонної та вітчизняної селекції [12]. Показано, що сорти сої значно відрізняються як за вмістом білка, жиру, так і за вмістом ряду антипоживних сполук (інгібітора трипсину, активності ліпоксигенази), які негативно впливають на харчову і кормову цінність насіння та є основною причиною появи небажаних запахів та присмаків, руйнування цінних жирних кислот, пігментів та вітамінів (табл.1).

Для використання в практичній селекції дуже важливо виявити форми, що зберігають високий рівень білковості в різних умовах вирощування.

Проведені дослідження показали, що серед досліджених сортів є і високопластичні, які зберігають високий рівень вмісту білка, і такі, у яких цей показник значно змінюється в залежності від умов вирощування.

Білки зернобобових дефіцитні передусім за амінокислотами, що містять сірку (метіоніном та цистеїном), однак соя, квасоля та горох вирізняються підвищеним вмістом триптофану та лізину. Насіння сої характеризується не тільки високим рівнем білка, але й оптимальним набором амінокислот, особливо незамінних – лізіна, триптофана. Амінокислотний аналіз білків виявив незначний рівень мінливості досліджених сортів за цим показником. З поміж сортів сої у нашому експерименті можна виділити тільки Аркадію одеську, яка перевищує інші сорти за вмістом усіх амінокислот, за винятком метіоніну.

Наші дослідження показали, що сорти сої значно відрізняються за фракційним складом білків. Фракційний склад білків сої представлений в основному глобуліновою фракцією, вміст якої в залежності від сорту коливається в межах 63,5–79,6 %, значно меншу частину складають альбуміни 15,9–28,9 %, а також проламіни і глютеніни 0,542–1,56 %. Крім того, в насінні сої є незначна кількість альбумінів, які виконують в основному ферментативну функцію, а також білкова фракція 2S, що включає інгібітори трипсину, хімо-трипсину та лектини. Вважається, що найбільш перспективними білками для виробництва харчових продуктів із сої є глобуліни, а саме їхні фракції, які мають константу седиментації 7S ( $\beta$ -конгліцинін) та 11S (гліцинін). Показано, що вміст і співвідношення 7S та 11S глобулінів впливає на якість продуктів, оскільки ці фракції неоднаково збалансовані за амінокислотним складом білка [5]. Вміст 7S та 11S глобулінових фракцій білка насіння сої, за літературними та нашими даними, коливається для 7S глобулінів в інтервалі 18,8–28,8 %, а для 11S глобулінів від 30,8 до 39,9 %. 11S глобуліни в своєму складі мають більше незамінних амінокислот, що містять сірку, ніж 7S глобуліни, тому дуже важливо враховувати співвідношення 11S/7S глобулінів. Від співвідношення зазначених фракцій залежать функціональні властивості цих білків і, як наслідок, – якість продуктів та їхні технологічні властивості (табл. 2).

## Варіабельність хімічного складу насіння сортів сої колекційного розсадника, 2012–2014 рр.

Сорт	Білок,	Жир,	ЛОГ,	ІТ,	Білок	Жир,	ЛОГ,	ІТ,	Білок	Жир,	ЛОГ,	ІТ,
	%	%	ум.од./ мг.білка /хв	г/кг	%	%	ум.од./ мг.білка хв	г/кг	%	%	ум.од./ мг.біл- ка/хв	г/кг
	2012				2013				2014			
Аркадія од.	38,9	20,0	0,347	34,0	41,6	19,3	0,420	41,6	41,9	20,6	0,460	48,7
Медєя	40,4	20,3	0,174	36,5	37,7	21,0	0,637	27,1	43,1	18,7	0,705	40,9
Устя	39,5	22,3	0,180	41,4	39,4	22,2	0,394	39,2	41,9	20,6	0,728	48,7
Аметист	37,7	21,1	0,345	30,8	40,1	20,4	0,228	32,4	42,4	19,1	0,933	35,0
Юг-30	41,5	18,8	0,309	35,2	37,7	21,0	0,639	27,1	42,4	20,5	0,643	37,8
Київська 98	41,9	20,4	0,170	43,4	41,0	20,2	0,316	47,4	44,7	18,7	0,818	53,7
Альгаїр	40,3	19,9	0,410	35,5	41,8	19,7	0,446	42,0	42,7	20,8	0,823	31,9
Валюта	38,8	20,8	0,377	32,2	40,5	20,8	0,672	38,5	42,7	20,7	0,329	34,5
Одеська 150	43,3	19,8	0,290	36,6	43,5	19,1	0,969	38,1	41,2	18,8	0,948	29,4
Ятрань	41,3	20,2	0,456	28,7	41,0	19,5	0,850	31,7	39,6	21,3	0,831	31,9
Берегиня	40,4	19,6	0,448	30,5	41,4	19,6	0,654	33,8	41,1	21,0	0,779	42,1
Знахідка	41,8	20,0	0,440	29,7	41,2	19,7	0,677	34,7	40,6	22,3	0,608	32,6
Л-2(Орел)	41,9	20,5	0,180	32,3	39,0	20,1	0,494	35,9	41,7	19,6	0,822	36,8
Фенікс	42,2	20,2	0,494	31,6	42,5	19,8	0,574	40,6	41,2	20,0	0,670	38,8
Подільська 416	42,8	20,2	0,328	31,4	40,5	20,5	0,842	38,8	42,9	19,2	0,650	41,8
Мельпомена	43,5	19,9	0,282	33,2	42,2	20,3	0,731	38,4	39,7	21,8	0,630	35,5
Ельдорадо	41,3	19,7	0,229	27,3	42,6	19,0	0,371	38,5	39,7	21,8	0,726	35,5
Симфонія	41,7	20,2	0,386	32,4	41,9	20,7	0,327	35,5	42,4	19,8	0,898	33,0
Ювілейна	40,2	20,0	0,439	30,0	41,7	19,0	0,654	33,8	41,4	21,2	0,841	30,2
Руса	43,0	20,4	0,338	37,0	40,6	20,1	0,520	43,1	42,0	19,7	1,000	36,4

Продовження табл. 1.

Ізумрудна	40,2	21,3	0,247	35,4	41,2	20,2	0,794	36,2	42,2	19,2	0,740	36,1
Сяйво	40,4	20,6	0,277	35,7	40,1	20,4	0,919	39,8	39,4	20,0	0,741	34,5
Горлиця	40,4	21,9	0,328	38,3	40,6	21,6	0,532	30,8	43,0	19,8	0,680	41,7
Стратегія	41,6	20,7	0,180	34,7	38,6	20,7	0,629	42,7	41,0	20,3	0,711	32,5
Донька	39,4	21,6	0,372	28,6	41,0	20,2	0,565	39,5	40,8	18,1	1,07	29,4
Золотиста	40,1	22,8	0,310	33,0	36,1	23,0	0,535	29,4	44,0	20,4	0,694	39,2
Ворскла	39,1	23,2	0,380	30,6	36,6	24,1	0,497	35,4	42,1	19,6	0,658	39,1
Данко	39,8	20,6	0,324	42,6	38,6	20,7	0,629	42,7	42,7	20,5	0,968	32,0
Корсак	38,4	21,8	0,409	29,7	39,0	22,0	0,757	35,0	41,0	22,3	0,690	32,7
Романтика	41,6	20,7	0,180	34,7	38,1	20,9	0,363	42,7	44,2	18,4	0,711	39,1
Агат	37,0	21,4	0,301	39,4	38,8	21,7	0,435	40,4	41,7	20,6	0,832	47,7
Прима	39,9	20,8	0,324	42,6	40,6	20,4	0,605	38,7	42,4	20,5	0,811	32,1
min	37,0	18,8	0,170	27,3	36,1	18,7	0,230	27,1	39,4	18,1	0,329	29,4
max	43,8	23,2	0,494	43,4	43,5	24,1	0,969	47,4	44,7	22,3	1,070	53,7
Середнє	40,5	20,6	0,320	34,2	40,2	20,5	0,580	37,2	41,8	20,2	0,755	37,2
s <sub>x</sub>	0,27	0,17	0,016	0,76	0,32	0,19	0,032	0,85	0,23	0,19	0,026	1,06

154

Примітка: ЛОГ – ліпоксигеназа, ІТ – інгібітор трипсину

Таблиця 2

**Характеристика сортів сої за вмістом та співвідношенням 11S та 7S глобулінів**

Сорт	% глобулі нової фракції	% від суми глобулінової фракції			Співвідношення 11S/7S глобулінів
		11S	7S	Сума 2S + 15S	
Альтаір	69,8	31	36	33	0,86
Аркадія одеська	67,1	26	36,2	37,8	0,72
Хаджибей	69,6	34,7	34,2	31,1	1,1
Донька	69,4	33,1	36,5	30,5	0,91
Одеська 150	67,7	37,9	32,6	29,4	1,03
Успіх	68,9	28,9	35,9	35,2	0,80
Берегиня	67,9	33,0	34,0	32,7	0,97
Vinton81	69,6	35,0	36,5	28,6	0,96
Orient Pearl Brand	76,6	34,8	35,9	29,3	0,98
Ювілейна	66,8	33,3	36,2	30,4	0,92
Знахідка	69,2	28,7	37,1	36,2	0,77
Валюта	68,7	35,3	35,3	29,4	1,00
Ізмурудна	67,9	37,0	32,5	30,5	1,13
Медея	73,6	35,4	34,2	37,7	1,03
Пальміра	63,3	24,9	37,9	37,2	0,66
ML-04	67,0	34,4	32,0	33,6	1,08
max	76,6	37,9	37,9	37,8	1,13
min	63,3	24,9	32,0	28,6	0,66
Середнє	69,1 $\pm$ 0,77	32,7 $\pm$ 0,94	35,1 $\pm$ 0,41	32,6 $\pm$ 0,81	0,93 $\pm$ 0,034

У результаті досліджень було виявлено, що сорти вітчизняної селекції в основній масі характеризуються високим вмістом 7S глобулінів, термопластичні властивості яких справляють позитивну дію при виробництві соєвого молока. Однак є й сорти з однаковим вмістом 7S та 11S глобулінів, які можна використовувати як для виготовлення молока, так і для виробництва сиру типу “тофу” і бринзи. Технологічні випробування, проведені нами спільно зі співробітниками Одеської національної академії харчових технологій, показали, що сорти з високим вмістом 7S глобулінів, забезпечують найвищий вихід молока з достатньо підвищеним вмістом сухих речовин. За виходом бринзи кращі показники були у сортів з підвищеним вмістом 11S глобулінової фракції [12]. Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що не з кожного сорту сої можна отримати продукти із бажаними технологічними параметрами, високої якості та високим виходом продукції. Розв’язання цієї проблеми значною мірою залежить від контролювання кількісного вмісту основних фракцій соєвого білка – 7S та 11S глобулінів та їхнього компонентного складу. У цьому зв’язку метою наших досліджень було розробити експрес-метод виділення, ідентифікації та визначення вмісту 7S та 11S глобулінів, який дозволяв би швидко, використовуючи невелику наважку, оцінювати селекційний матеріал за даними показниками. Такий метод був розроблений в лабораторії біохімії рослин СГП–НЦНС і на нього було отримано патент [7]. З використанням розробленого методу були виявлені особливості вмісту, співвідношення і компонентного складу 7S і 11S глобулінових білків у генотипів різного філогенетичного походження, гібридів F<sub>3</sub> - F<sub>8</sub> сої та їх батьківських форм. Так, у ранніх гібридних популяцій (F<sub>2</sub>–F<sub>4</sub>) встановлено чіткий взаємозв’язок між вмістом сумарного білка і вмістом 7S глобулінової фракції та відсутність кореляційного взаємозв’язку між вмістом 11S білків і кількістю сумарного білка в насінні сої (табл. 3).

Таблиця 3

**Вміст білка, 7S та 11S глобулінів та їх співвідношення в насінні гібридів F<sub>4</sub> сої та їх батьківських форм, %**

Гібрид	Кількість семей	11S			7S			11S/7S			Вміст білка		
		♀	♂	гі- брид	♀	♂	гі- брид	♀	♂	гі- брид	♀	♂	гі- брид
Аметист х Ольса	7	28,9	33,9	35,8	27,3	20,0	27,2	1,02	1,69	1,31	42,3	43,3	43,4
Аполлон х Куй- бишевська 77	1	32,6	29,8	28,7	26,1	38,1	31,9	1,24	0,78	0,90	41,5	46,5	45,4
Вілана х Степо- вичка 4	2	30,6	32,5	30,0	24,9	25,9	27,3	1,23	1,25	1,10	39,1	39,9	42,2
Паркер х Устя	4	33,1	31,5	32,4	29,0	33,1	31,8	1,14	0,95	1,02	37,5	41,5	42,7
Вілана х (Юр'їв- ка х Ізумрудна)	23	30,5	31,8	29,0	28,0	32,1	35,0	1,09	0,91	0,83	39,1	41,0	44,9
max		33,1	33,9	35,8	29,0	38,1	35,0	1,02	1,69	1,31	42,3	46,5	45,4
min		28,9	29,8	28,7	24,9	20,0	27,2	1,24	0,78	0,83	37,5	39,9	42,2
Середнє		31,1	31,9	31,2	27,1	29,8	30,6	1,14	1,12	1,03	39,9	42,4	43,7
		± 0,76	± 0,66	± 1,32	± 0,72	± 3,13	± 1,49	± 0,04	± 0,16	± 0,08	± 0,87	± 1,54	± 0,62

У старших поколіннях (F<sub>6</sub>–F<sub>8</sub>) ця закономірність зберігалася не в усіх вивчених гібридних лініях (табл. 4).

Таблиця 4

**Вміст та співвідношення 7S і 11S глобулінових фракцій в насінні гібридів F<sub>6</sub> сої, % від сумарної фракції глобулінів**

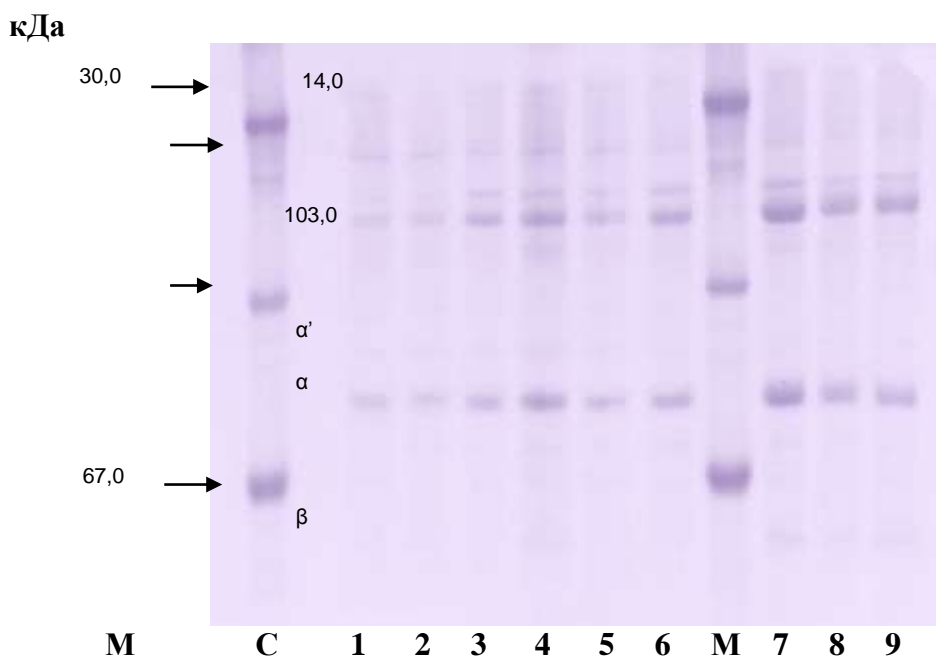
Сорт, лінія	Сумарна фракція глобулінів	11S глобуліни	7S глобуліни	Співвідно- шення 11S/7S глобулінів
Медея ♀	78,3	42,5	35,8	1,19
ВІР 5048 ♂	76,3	31,7	44,8	0,71
Медея х ВІР 5048 F <sub>6</sub>	77,3	38,7	38,6	1,00
Аркадія одеська	84,5	43,4	41,1	1,05
Ятрань	91,7	47,1	52,8	0,89
mS <sub>1</sub> T х Токуохк 4937 ♀	67,7	27,8	39,9	0,70
Kiszelniska ♂	35,7	14,6	31,1	0,47
[mS <sub>1</sub> T х Токуохк 4937 ] х Kiszelniska F <sub>6</sub>	87,0	37,7	49,3	0,76
Хей-нун ♀	88,9	46,9	41,9	1,1
К-12 х Чорнобура ♂	67,7	35,7	32,0	1,1
(Хей-нун х К-12 х Чор- нобура) F <sub>6</sub>	90,5	29,6	60,9	0,49
Дельта ♀	79,7	36,2	43,5	0,83
Валюта ♂	88,8	36,8	51,9	0,70
Дельта х Валюта	81,4	34,6	46,9	0,74
max	91,7	42,5	60,9	1,1
min	35,7	27,8	32,0	0,49

Встановлено, що на вміст і співвідношення 11S/7S глобулінових фракцій в насінні сої впливають умови вирощування, що необхідно враховувати в програмі добору генотипів сої продовольчого напрямку, оскільки ці показники пов'язані з якістю і харчовою цінністю соєпродуктів.

Соя – одна із найбільш вивчених у генетичному плані сільськогосподарська культура. Бразильські дослідники виявили, що генетичні відмінності за вмістом та компонентним складом субодиноць 7S та 11S глобулінових фракцій соєвого білка, свідчать про можливість ведення добору не тільки за вмістом конкретних білкових фракцій, але й їхніх субодиноць [2]. Відомо, що дослідження 7S та 11S глобулінів важливе також для добору сортів сої лікувально-профілактичного напрямку. Так встановлено, що наявність-відсутність в компонентному складі 7S і 11S глобулінів сої певних субодиноць впливає як позитивно, так і негативно на здоров'я людини. Показаний вплив ізоляту 7S глобулінів, збагаченого вмістом  $\alpha'$ -субодиноці, на рівень холестерину і тригліцеридів в плазмі крові [13].

У той же час виявлено, що чотири субодиноці 11S глобулінової фракції (G1 ( $A_{1a}B_2$ ), G2( $A_2B_{1a}$ ), G3( $A_{1b}B_{1b}$ ), G4( $A_5A_4B_3$ ) і  $\alpha$ -субодиноця 7S глобулінів викликають алергічну реакцію у людини [16]. Тому при створенні сортів продовольчого напрямку необхідно контролювати як наявність, так і кількісний вміст певних субодиноць в компонентному складі цих фракцій білка.

У лабораторії біохімії рослин проведені дослідження з вивчення поліморфізму компонентного складу 7S та 11S глобулінів різного філогенетичного походження для з'ясування можливості тестування генотипів сої з використанням біохімічних маркерів. Аналіз отриманих результатів показав, що сорти різного генетичного походження характеризуються поліморфізмом як за компонентним складом цих білків, так і за вмістом у компонентному складі 7S та 11S глобулінів таких субодиноць, як  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ , A3, A5, A та B. Виявлений за допомогою біохімічних методів поліморфізм за вмістом певних субодиноць в компонентному складі 7S та 11S глобулінів свідчить про можливість їх застосування для тестування генотипів продовольчого напрямку (рис.1, 2).



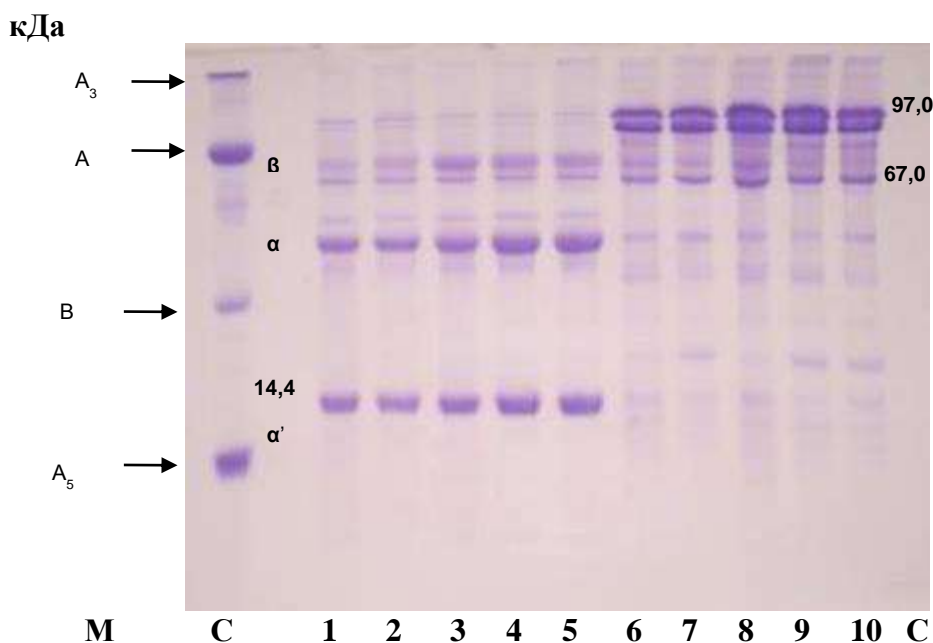
**Рис. 1.** Електрофорез в 15 % ПААГ, рН 8,3 глобулінів насіння генотипів сої з відомим станом генів гліциніна та  $\beta$ -конгліциніна:

М – маркери молекулярної маси; С – субодиноці гліциніна та  $\beta$ -конгліциніна (А - кисла; В – лужна); 1– Williams 82, 2 – Keburi, 3 – Enrei, 4 – Harovinton, 5 – Raiden, 6 – Lai wa dou, 7 – PI 468904, 8 – PI 468918, 9 –PI 468906

Подальші дослідження поліморфізму та характеру успадкування кількісного вмісту й компонентного складу 7S та 11S глобулінів відкриває можливість включення в селекцію сої біотипів, що перевершують інші сорти за якістю білка.



Важливим компонентом насіння сої є поліфенольні сполуки, які є природними антиоксидантами з широким спектром біологічної активності, що зумовлює їхнє широке застосування у якості лікарських засобів, тим більше, що вони не викликають серйозних побічних ефектів (на відміну від синтетичних аналогів).



**Рис. 2.** Електрофорез в 15 % ПААГ, рН 8,3 11S та 7S глобулінів насіння гібридних ліній F<sub>8</sub> сої (Дельта х Валюта) та їх батьківських форм

М – маркери молекулярної маси; С – субодиниці та компоненти гліциніна1 – Дельта ♂, 2 – Валюта ♀ (11 S глобуліни), 3-5 – Дельта х Валюта F<sub>8</sub> ( 11S глобуліни). 6 – Дельта ♂, 7 – Валюта ♀ (7S глобуліни), 8-10 – Дельта х Валюта F<sub>8</sub> (7S глобуліни).

У лабораторії біохімії рослин був відпрацьований метод визначення загального вмісту ізофлавонів в насінні сої, показані відмінності за вмістом ізофлавонів у генотипів сої різного генетичного походження (від 35,5 до 399,6 мкг/г) (табл. 5).

Таблиця 5

Загальний вміст ізофлавонів в насінні сої, мкг/г			
Сорт	Вміст ізофлавонів	Сорт	Вміст ізофлавонів
Устя	45,0	Берегиня	84,8
Л-2 (Орел)	35,5	Мельпомена	62,6
Аметист	67,0	Ятрань	121,9
Київська 98	43,0	Донька	102,6
Васильківська	54,0	Оріана	209,6
Медея	61,0	Хуторянка	154,6
Юг-30	52,0	Вінні	233,9
Фарватер	150,4	Монада	133,9
Данко	59,1	Смолянка	399,6
Валюта	67,8	Оксана	229,0
max	399,6		
min	35,5		
Середнє	118,4		

Наявність значної варіабельності за цим показником, дає підставу вважати, що наведені результати можуть зацікавити селекціонерів, які створюють сорти сої лікувально-профілактичного та продовольчого напрямку.

**Висновки.** Таким чином, вивчення біохімічного складу насіння генотипів сої різного генетичного походження показало, що досліджені сорти значно відрізнялися за вмістом сумарного білка, жиру, ізофлавонів, ліпоксигенази, інгібітора трипсину, вмістом та співвідношенням 7S і 11S глобулінових фракцій білка. Аналіз залежності між кількістю сумарного білка та вмістом і співвідношенням 7S та 11S глобулінових фракцій у білку виявив, що умови середовища вносять значний вклад у ступінь вираженості цих кількісних показників, внаслідок чого програма добору генотипів сої повинна диференціюватися за роками. Сорти сої різного генетичного походження характеризуються неоднаковим вмістом у компонентному складі 7S та 11S глобулінів сої таких субодиниць, як  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ , A3, A5, A і B, які впливають на здоров'я людини, що необхідно враховувати при веденні селекції сої продовольчого напрямку. Наявність значної варіабельності за вивченими біохімічними показниками, які визначають харчову цінність насіння сої, дає підставу вважати, що наведені результати можуть зацікавити селекціонерів, які створюють сорти сої продовольчого та лікувально-профілактичного напрямку.

#### Список використаних джерел

1. Клименко В. Г. Белки семян бобовых растений. Кишинев: Штиинца, 1978. 275 с.
2. Moraes R. M. A. de, Jose I. C., Ramos F. G., Barros E. G. de, Moreira M. A. Caracterização bioquímica de linh agen sde soja com alto teor de proteína // Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2006. V. 41. P. 725–729.
3. Kimatura K. Genetic improvement of nutritional and food processing quality in soybean// Nippon Jyozokyoukai Kaisi. 1994. V. 12. P. 926–931.
4. Hayashi M., Harada K., Fujiwara T., Kitamura K. Characterization of a 7S globulin-deficient mutant of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) // Mol.Gen.Genet. 1998. V. 258. P. 208–214.
5. Yaklich R. W.  $\beta$ -Congycinin and glycinin high-protein soybean // G. Agric. Food.Chem. 2000. V. 49. P. 729–735.
6. Макаренко О. А., Левицкий А. П. Физиологические функции флавоноидов // Физиология и биохимия культ.растений. 2013. Т. 45, № 2. С. 100–111.
7. Адамовська В. Г., Молодченкова О. О., Січкач В. І., Цісельська Л. Й., Сагайдак Т. В. Патент на корисну модель № 42181. Україна. Спосіб добору сої. 25.06.2009 р.
8. Васюкова А. Н. Изучение содержания суммы флавоноидов в семенах и проростках сои // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс. 2013. № 4. С. 9–13.
9. Левицкий А. П. Экстракционный метод определения жира в растительном сырье с использованием экстракторов нового типа // Биохимические методы исследования селекционного материала. Одесса; ВСГИ, 1979. Т. 15. С. 78–84.
10. Левицкий А. П. Методы определения ингибиторов трипсина // Биохимические методы исследования селекционного материала. Одесса: ВСГИ, 1979. Т. 15. С. 68–72.
11. Будницкая Е. В. Исследование активности липоксигеназы кормовых трав методом окисления каротина // Биохимия. 1955. Т. 20, Вып. 5. С. 615–621.
12. Адамовская В. Г., Молодченкова О. О., Сичкач В. И., Цисельская Л. Й. Сортвые особенности белково-ферментного комплекса и технологические характеристики сортов // Хранение и переработка зерна. 2003. №10(52). С. 27–32.
13. Takahashi M., Hajika M., Matsunaga R. Breeding soybean variety lacking  $\beta$ -conglycinin by introduction 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.

## References

1. Klymenko VG. Proteins of legume seeds. Cisinou: Shtiintsa, 1978. 275 p.
2. Moraes RMA de, Jose IC, Ramos FG, Barros EG de, Moreira MA. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2006; 41: 725–729.
3. Kimatura K. Genetic improvement of nutritional and food processing quality in soybean. Nippon Jyozokyoukai Kaisi. 1994; 12: 926–931.
4. Hayashi M, Harada K, Fujiwara T, Kitamura K. Characterization of a 7S globulin-deficient mutant of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Mol. Gen. Genet. 1998; 258: 208–214.
5. Yaklich RW.  $\beta$ -Conglycinin and glycinin in high-protein soybean. G. Agric. Food. Chem. 2000; 49: 729–735.
6. Makarenko OA, Levitskiy AP. Physiological functions of flavonoids. Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy. 2013; 45(2): 100–111.
7. Adamovska VG, Molodchenkova OO, Sichkar VI, Tsiselska LY, Sagaydak TV. Patent for utility model No 42181. Ukraine. A method of soybean breeding. 2009.06.25.
8. Vasiukova AN. Study on total flavonoid content in soybean seeds and seedlings. Selskokhoziaystvennyy nauki i agropromyshlennyy kompleks. 2013; 4: 9–13.
9. Levitskiy AP. An extraction method for fat determination in plant material using a new type of extractors. In: Biochemical research methods of breeding material. Odesa; VSGI, 1979. T. 15. P. 78–84.
10. Levitskiy AP. Methods for determination of trypsin inhibitors. In: Biochemical research methods of breeding material. Odesa; VSGI, 1979. T. 15. P. 68–72.
11. Budnitskaya EV. Study on lipoxygenase activity in forage grasses by carotene oxidation method. Biokhimiya. 1955; 20(5): 615–621.
12. Adamovska VG, Molodchenkova OO, Sichkar VI, Tsiselska LY. Varietal features of protein-enzyme complex and technological characteristics of varieties. Khranjenje i pererabotka zerna. 2003; 10(52): 27–32.
13. Takahashi M, Hajika M, Matsunaga R. Breeding soybean variety lacking  $\beta$ -conglycinin by introduction 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.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СЕМЯН СОИ ДЛЯ ОТБОРА СОРТОВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

Молодченкова О. О., Адамовская В. Г., Сичкар В. И., Картузова Т. В.,  
Безкровная Л. Я., Лихота Е. Б., Лаврова Г. Д.

Селекционно-генетический институт-Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Украина

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования было изучение биохимических показателей, определяющих качество семян, в том числе особенностей изменения суммарного содержания белка и изофлавонов, содержания и компонентного состава 7S и 11S глобулинов, их соотношения в белке семян сортов, гибридов и гибридных линий сои разного генетического происхождения для разработки критериев отбора генотипов сои продовольственного направления.

**Материал и методика.** Исследования проводили на сортах, гибридах F<sub>2</sub>-F<sub>8</sub> и их родительских формах сои (*Glycine max* L.) украинской и зарубежной селекции, генотипах сои с определенным состоянием генов глицинина и  $\beta$ -конглицинина, семена которых были получены из National Plant Germplasm System. Содержание белка определяли методом Кьельдаля на Kjltec Auto-1030. Выделение и идентификацию 7S и 11S глобулинов сои

проводили методом, разработанным в лаборатории (пат. № 42181). Содержание суммарных изофлавонов определяли спектрофотометрическим методом.

**Обсуждение результатов.** Показано, что исследованные сорта сои значительно отличались по содержанию суммарного белка, 7S и 11S глобулиновых фракций и изофлавонов. Установлен межсортовой полиморфизм по компонентному составу 7S и 11S глобулинов семян сои, выявлены особенности содержания, соотношения и компонентного состава 7S и 11S глобулиновых белков у генотипов разного филогенетического происхождения, гибридов F<sub>2</sub>-F<sub>8</sub> сои и их родительских форм. Разработан экспресс-метод выделения и идентификации 7S и 11S глобулинов семян сои для оценки селекционного материала по данным показателям.

**Выводы.** Установленная значительная вариабельность по изученным биохимическим показателям, определяющим пищевую ценность семян сои, позволяет сделать вывод, что приведенные результаты могут быть использованы для отбора генотипов сои продовольственного направления.

*Ключевые слова:* соя, белок, 7S и 11S глобулины, изофлавоны, качество семян

### **BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN SEEDS FOR SELECTION OF FOOD VARIETIES**

Molodchenkova O. O., Adamovskaya V. G., Sichkar V. I., Kartuzova T. V., Bezkravnaya L. Ya., Likhota E. B., Lavrova G. D.

Plant Breeding & Genetic Institute-National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine

**The aim and tasks of the study.** The research purpose was to study biochemical characteristics that determine seed quality, including peculiarities of changes in total protein and isoflavone contents, component composition and level of 7S and 11S globulins, their ratio in soybean seed protein of varieties, F<sub>2</sub> - F<sub>8</sub> hybrids of different genetic origin for development of criteria for selection of food soybean genotypes.

**Material and methods.** The investigation was conducted on soybean (*Glycine max* L.) varieties, F<sub>2</sub> - F<sub>8</sub> hybrid populations bred in Ukraine or other countries and their parents as well as on genotypes with known status of glicinine and β-conglycinine genes from the National Plant Germplasm System. Protein content was determined by Kjeldal method on a Kjtec Auto-1030. 7S and 11S globulins were extracted and identified by a method developed in the Laboratory of Plant Biochemistry (Patent 42181). Total isoflavones were determined by spectrophotometrically.

**Results and discussion.** It was shown that the test soybean varieties considerably differed by the total protein and isoflavone contents as well as by 7S and 11S globulin fractions. Intervarietal polymorphism of component composition of 7S and 11S globulins was shown electrophoretically. Peculiarities of 7S and 11S globulin component composition and contents as well as their ratios were described for genotypes of different phylogenetic origin, F<sub>3</sub> - F<sub>8</sub> hybrids and their parents. An express method for extraction and identification of 7S and 11S globulins from soybean seeds was developed for estimation of breeding material by these characteristics.

**Conclusions.** We observed considerable variations in the studied biochemical indices, which determine nutritional value of soybean seeds. We conclude that these results can be used for selection of food soybean varieties.

*Key words:* soybean, protein, 7S and 11S globulins, isoflavones, seed quality