

МОЛОДЧЕНКОВА О. О.<sup>1</sup>✉, МІЩЕНКО Л. Т.<sup>2</sup>, КАРТУЗОВА Т. В.<sup>1</sup>, БЕЗКРОВНА Л. Я.<sup>1</sup>, ЛИХОТА О. Б.<sup>1</sup>, ЛАВРОВА Г. Д.<sup>1</sup>, МУРСАКАЄВ Е. Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дорога, 3, e-mail: [olgamolod@ukr.net](mailto:olgamolod@ukr.net)

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64/13, e-mail: [mishchenko@ukr.net](mailto:mishchenko@ukr.net)

✉ [olgamolod@ukr.net](mailto:olgamolod@ukr.net)

## БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ СОЇ ЗА ВПЛИВУ ВІРУСНОЇ ІНФЕКЦІЇ ТА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

**Мета.** Дослідити особливості біохімічного складу насіння та зеленої маси рослин різних сортів сої за впливу вірусної інфекції та агрокліматичних умов вирощування. **Методи.** В лабораторних дослідженнях використовували стандартні та адаптовані методи біохімічного аналізу. Виділення гліциніну та β-конгліциніну сої проводили методом, розробленим у лабораторії (пат. 42181). **Результати.** Встановлено, що інфікування рослин вірусом мозаїки сої (ізольати SKP-16 та SGP-17) викликало зміни біохімічних показників (вмісту білка, основних фракцій запасних білків – гліциніну та β-конгліциніну, жиру, вуглеводів, ізофлавононів, активності лектинів, ліпоксигенази, інгібітора трипсину) в інфікованому насінні, які залежали від сорту сої, ступеня інфікування рослин та умов вирощування. Визначення відносного вмісту вологи (RWC), вмісту проліну та активності лектинів у листках 2-х верхніх ярусів у сортів сої, що відрізнялися за рівнем посухостійкості, у фазах цвітіння, бобоутворення та наливу бобів показало, що у фазу наливу бобів спостерігалося достовірне підвищення вмісту всіх показників, які вивчалися, у посухостійких сортів у порівнянні з непосухостійкими. **Висновки.** Отримані результати можна використовувати для розробки методів добору сортів сої із високою якістю насіння та комплексною стійкістю (і до кліматичних умов довкілля, і до фітовірусних інфекцій) та рекомендувати для впровадження у селекційну і сільськогосподарську практику.

**Ключові слова:** соя, селекція, вірус мозаїки сої, посуха, біохімічні критерії оцінки.

Несприятливі чинники навколишнього середовища є одним із найбільш суттєвих факторів, що визначають урожайність та якість насіння сільськогосподарських культур, у тому

числі бобових, зокрема сої культурної (*Glycine max* L.). Пошук генетичних ресурсів рослин, комплексно захищених від абіотичних та біотичних стресів, має важливе значення. Відомо, що соя схильна до ураження багатьма вірусами, зокрема такими, як вірус мозаїки сої (*Soybean mosaic virus*, ВМС), вірус мозаїки люцерни (*Alfalfa mosaic virus*, ВМЛ), вірус жовтої мозаїки квасолі (*Bean yellow mosaic virus*, ВЖМК) та інш. [1, 2]. Найбільш шкодочинним для сої є вірус мозаїки сої. Зниження врожаю за ураження ВМС складає від 8 до 50–70% [3]. Значні втрати врожаю сої спостерігаються за умов посухи. Показано, що недовік вологи в фазі цвітіння, утворення бобів і наливу насіння різко знижує продуктивність сої. З фази цвітіння споживання вологи дуже різко зростає, що пов'язано з інтенсивним розвитком зеленої маси і збільшенням поверхні випаровування. Слід зазначити ще одну особливість сої: вона негативно реагує на повітряну посуху, особливо в період цвітіння і утворення бобів. За дуже низької вологості в цей період не утворюються нові та скидаються наявні квітки і боби [4]. У зв'язку з цим дослідження адаптаційних процесів рослин сої за дії цих чинників є пріоритетним на сьогодні. Здатність рослин чинити опір екстремальним умовам вирощування, пристосовуватися до них і зберігати при цьому свій життєвий потенціал є однією з визначальних умов існування рослин, і залежить вона від можливості реалізувати захисні пристосувальні механізми, тобто адаптуватися до різноманітних стресових чинників. Стійкість рослин до несприятливих чинників і здатність до адаптації залежить від генома, можливості його реалізації в процесі онтогенезу. Важлива роль у цих процесах належить біохімічним системам захисту рослин, до яких відносяться такі реакції, як індукція синтезу

© МОЛОДЧЕНКОВА О. О., МІЩЕНКО Л. Т., КАРТУЗОВА Т. В., БЕЗКРОВНА Л. Я., ЛИХОТА О. Б., ЛАВРОВА Г. Д., МУРСАКАЄВ Е. Ш.

стресових білків та окремих білків, що є у нормі, зміни у функціонуванні ген-ензимних систем, збільшення концентрації стресових фітогормонів, активація сигнальних систем та інш. Показано, що основними складовими загальної відповіді рослин на вірусну інфекцію є збільшення вмісту білка (структурного і каталітично активного), збільшення активності лектинів, збереження активності протеїназ на рівні здорових рослин тощо [5, 6]. Встановлено участь протеїназно-інгібіторної системи рослин та лектинів у формуванні стійкості до біотичних та абіотичних стресорів [5, 7]. Відомо, що ензими, які беруть участь у ліпідному обміні, можуть брати безпосередню участь у формуванні захисних реакцій рослин. У результаті взаємодії елісаторів і рецепторів плазмалеми рослин відбувається активація ліпаз і збільшення вільних жирних кислот, які надалі можуть бути метаболізовані через ліпоксигеназний шлях. Одним із ключових ензимів ліпоксигеназного метаболізму, в результаті якого утворюються токсичні для більшості патогенів сполуки, а також фітодиенова і жасмонова кислоти, є ліпоксигеназа (КФ 1.13.11.12, ЛОГ). Зацікавлення цим ензимом викликано також і тим, що каталізуючи процес перекисного окиснення ненасичених жирних кислот, ліпоксигеназа може впливати на склад мембранних ліпідів і функції біомембран клітин рослин [8]. Зернобобові культури містять значну кількість поліфенольних сполук, зокрема флавоноїдів, які є природними антиоксидантами і мають широкий спектр біологічної активності. Вони залучені до багатьох важливих процесів, пов'язаних із проростанням, ростом, запиленням та розмноженням рослин. Однією із важливих їх функцій є захист рослин від впливу різноманітних несприятливих чинників середовища. В реалізації стреспротекторного ефекту лежать антиоксидантні властивості цих сполук. Встановлена кореляція між їх вмістом у рослинах та стійкістю до патогенів та деяких шкідників [9]. Накопичення низькомолекулярних захисних сполук, які відрізняються поліфункціональністю, на сьогодні вважається одним із ключових механізмів адаптації до стресових чинників різної природи. До таких сполук відноситься амінокислота пролін, яка має поліфункціональний біологічний ефект, що проявляється в осморегуляторній, протекторній, антиоксидантній, енергетичній та інших функціях, що забезпечують підтримку клітинного гомеостазу та його перехід у новий адаптивний стан. Вважається,

що пролін виконує також і шаперонну та сигнально-регуляторну функції в рослинах. Ця амінокислота виконує також ряд функцій, не пов'язаних з адаптацією рослин до дії стресорів [10].

Метою нашої роботи було провести моніторинг посівів сої на наявність найбільш шкочинних вірусів, дослідити їх молекулярно-генетичні властивості та вивчити особливості біохімічного складу насіння і зеленої маси рослин різних сортів сої за впливу вірусної інфекції та умов вирощування.

### Матеріали і методи

Дослідження були проведені на 9 сортах сої (*Glycine max* L.) української та закордонної селекції, створених класичними методами селекції (Кано, Кубань, Ятрань, Аріадна, Сяйво, Фенікс, Мельпомена, Симфонія, Антарес), і 2 сортах трансгенної сої (Грімо та Монро), що відрізнялися за здатністю уражуватися вірусною інфекцією, та 18 сортах, що відрізнялися за рівнем посухостійкості (посухостійкі сорти: Аматист, Медея, Романтика, Спринт, Альтаїр, Фарватер, Сяйво, Знахідка, Мельпомена, Валюта; непосухостійкі сорти: Вільшанка, Ятрань, Діана, Танаїс, Білянка). Ідентифікацію вірусів здійснювали за допомогою біометричних вимірювань [11], твердофазного імуоферментного аналізу (ІФА) [12], методу зворотної транскрипції з використанням полімеразно-ланцюгової реакції (ЗТ-ПЛР) [13], сиквенування вірусних геномів [14], філогенетичного аналізу [15]. Визначення білка проводили методом К'ельдаля на Kjltec Auto-1030, вміст жиру – екстракційним методом [16], вміст вуглеводів – антроновим методом, активність лектинів – методом Луцика [17], вміст сумарних ізофлавонів – спектрофотометричним методом [18]. Активність ліпоксигенази визначали спектрофотометричним методом у реакції зв'язаного окиснення  $\beta$ -каротину в присутності лінолевої кислоти за довжини хвилі 440 нм [19]. Виділення гліциніну та  $\beta$ -конгліциніну проводили методами, розробленими та удосконаленими в лабораторії біохімії СГІ-НЦНС (Пат. 42181). Статистичний аналіз результатів досліджень проводили за допомогою програми Libre Office Calc (GNU Lesser General Public Licensev3).

### Результати та обговорення

Проведений моніторинг посівів сої у 2016–2018 рр. в Полтавській, Київській та Оде-

ській областях виявив ураження рослин вірусом мозаїки сої (ВМС) та відсутність вірусів жовтої мозаїки квасолі та мозаїки люцерни. Встановлено, що за ураження ВМС урожайність сої зменшувалась у господарствах Київської і Полтавської областей на 35,0–65,7 %. Визначено, що досліджувані ізоляти ВМС SKP-16 та SGP-17 мають спільне походження з іранськими, американськими ізолятами, а також польським та українським. Аналіз нуклеотидних та амінокислотних послідовностей гена капсидного білка виявив високий рівень дивергенції нуклеотидів (порівняно з ізолятами з інших країн) та чотири унікальні амінокислотні заміни [20].

Вивчення біохімічного складу вірусінфікованого насіння сої (з полів Полтавської та Київської областей) показало наявність змін основних біохімічних показників, що характеризують якість насіння (вмісту білка, основних фракцій запасних білків – гліциніну та β-конгліциніну, жиру, вуглеводів, ізофлавононів, активності лектинів, ліпоксигенази) за впливу вірусної інфекції. Нами були виявлені особливості за зміною цих показників залежно від сорту та умов вирощування (табл. 1).

Так, наприклад, у сорту Кано в умовах дуже посушливого клімату 2017 року (ГТК=0,53) порівняно із 2016 (ГТК=0,99) за впливу вірусної інфекції спостерігалось зни-

ження вмісту білка, жиру, вуглеводів, активності ліпоксигенази, співвідношення гліциніну і β-конгліциніну та підвищення кількості сполук, що беруть участь у захисних реакціях рослин (лектинів та ізофлавононів). В умовах 2016 року у цього сорту було помічено зростання вмісту білка, співвідношення гліциніну та β-конгліциніну, ізофлавононів у поєднанні зі зниженням вмісту жиру, вуглеводів, активності лектинів та ліпоксигенази. У сорту трансгенної сої Грімо за впливу ВМС виявлено підвищення вмісту білка, активності лектинів та зниження вмісту жиру, активності ліпоксигенази та вмісту ізофлавононів. В іншого сорту трансгенної сої Монро, вирощеної в умовах Полтавської області, за інфікування вірусною інфекцією вміст білка і співвідношення гліциніну та β-конгліциніну практично не змінювалися, однак зростав вміст вуглеводів та знижувалась активність ліпоксигенази, лектинів та кількість ізофлавононів. В умовах вирощування Київської області у цього сорту за впливу ВМС спостерігали підвищення вмісту білка, вуглеводів, флавоноїдів, співвідношення гліциніну та β-конгліциніну і зниження вмісту жиру (табл. 1).

Вивчення біохімічного складу насіння рослин сої, інфікованих ВМС, вирощених в умовах Одеської області у 2018 році, показало такі результати (табл. 2).

Таблиця 1. Вплив ВМС-інфекції на біохімічні показники насіння сої (Полтавська, Київська області, 2016–2017 рр.)

Сорт/рік відбору	Білок, % на абс.с.р.	Жир, % на абс. с. р.	Вугле- води, % на абс.с.р.	ЛОГ умов. од/ мг білка	Лектини, (мкг білка/ мл) <sup>-1</sup> × 10 <sup>-3</sup>	Флаво- ноїди, мкг/г	11S/ 7S
<b>Полтавська область</b>							
Кано, контр., 2016	38,2±0,01	23,2±0,04	16,2±0,03	1,1±0,01	2,6±0,008	73±0,5	0,8
Кано, ВМС, 2016	39,2±0,03	21,9±0,02	15,9±0,02	0,6±0,004	2,3±0,01	102±0,7	0,9
Кано, контр., 2017	40,5±0,02	23,7±0,02	14,8±0,02	0,9±0,005	1,3±0,009	79±0,5	1,2
Кано, ВМС, 2017	38,2±0,02	22,8±0,03	13,7±0,03	0,9±0,004	2,7±0,07	93±0,6	0,8
Кубань, контр., 2017	42,1±0,05	22,5±0,03	13,6±0,03	0,7±0,003	0,5±0,004	44±0,3	1,4
Кубань, ВМС, 2017	44,1±0,03	22,4±0,03	15,1±0,02	0,6±0,002	0,9±0,005	41±0,4	1,2
Грімо, контр., 2017	30,5±0,02	27,0±0,01	14,8±0,03	0,9±0,006	0,3±0,001	79±0,3	1,2
Грімо, ВМС, 2017	35,8±0,03	24,2±0,02	15,0±0,04	0,8±0,007	1,3±0,009	73±0,5	1,1
Монро, контр., 2017	43,0±0,05	22,4±0,03	14,3±0,05	0,8±0,008	0,2±0,001	51±0,5	1,1
Монро, ВМС, 2017	44,9±0,04	21,7±0,02	16,7±0,06	0,7±0,005	0,3±0,002	42±0,3	1,2
<b>Київська область</b>							
Монро, контр., 2017	38,9±0,05	25,9±0,03	14,8±0,04	1,2±0,005	2,7±0,005	48±0,3	0,7
Монро, ВМС, 2017	41,2±0,04	22,0±0,06	16,3±0,02	1,1±0,004	3,0±0,003	54±0,7	0,9

Таблиця 2. Вплив ВМС–інфекції на урожайність та біохімічні показники насіння сої (Одеська область, 2018 рік)

Сорт	Білок, % на абс. с. р.	Жир, % на абс. с. р.	ЛОГ, умов. од/ мг білка	Лектини, (мкг білка/ мл) <sup>-1</sup> × 10 <sup>-3</sup>	ІТ, г/кг	Флаво- ноїди, мкг/г	Урожай- ність, ц/га
Ятрань, конт- роль	42,3±0,03	21,7±0,03	0,67±0,005	1,98±0,009	36,6±0,4	115,6±0,5	9,4±0,4
Ятрань, ВМС	44,8±0,05	18,2±0,03	0,49±0,003	2,53±0,005	54,9±0,5	51,8±0,3	10,6±0,3
Аріадна, конт- роль	44,6±0,05	20,5±0,03	0,76±0,003	1,06±0,004	41,3±0,5	123,0±0,8	10,5±0,3
Аріадна, ВМС	46,9±0,07	16,8±0,05	1,05±0,008	1,28±0,003	46,3±0,7	90,4±0,5	11,7±0,6
Сяйво, контроль	41,7±0,04	21,6±0,03	0,56±0,002	1,06±0,006	53,9±0,5	95,7±0,8	11,8±0,2
Сяйво, ВМС	44,8±0,06	19,5±0,04	0,49±0,003	1,35±0,008	38,4±0,6	102,0±0,7	10,7±0,3
Фенікс, контроль	42,4±0,06	20,4±0,04	0,75±0,005	5,03±0,007	52,4±0,6	116,8±0,3	11,1±0,8
Фенікс, ВМС	46,3±0,08	17,9±0,08	0,60±0,004	5,32±0,009	43,2±0,3	92,8±0,5	10,4±0,3
Мельпомена, контроль	42,7±0,06	19,8±0,07	0,60±0,005	2,87±0,007	45,3±0,4	112,2±0,7	11,9±0,3
Мельпомена, ВМС	42,2±0,06	18,5±0,05	0,60±0,006	2,63±0,009	46,9±0,5	92,8±0,5	9,9±0,2
Симфонія, конт- роль	43,3±0,05	21,3±0,05	0,67±0,004	3,39±0,004	38,6±0,4	107,3±0,7	10,7±0,3
Симфонія, ВМС	42,6±0,04	18,5±0,03	1,08±0,006	3,98±0,005	52,3±0,5	64,0±0,4	9,7±0,3
Антарес, конт- роль	43,54±0,0 3	19,1±0,06	0,78±0,004	1,69±0,003	45,8±0,5	88,5±0,4	10,±0,3
Антарес, ВМС	42,5±0,07	19,7±0,03	0,62±0,003	1,28±0,002	50,8±0,8	68,6±0,3	8,5±0,2

За метеорологічними умовами зона, де проводили дослідження, належить до Степу (гідротермічний коефіцієнт (ГТК) 0,7–1,0) та сухого Степу (ГТК 0,4–0,7). Особливістю погодних умов 2018 року була тривала посуха у першій половині вегетації сої. З квітня по червень випало всього 25 мм опадів, що у 3–7 разів менше, ніж у попередні сім років. Водночас у липні випала рекордна кількість опадів (172,9 мм), а у серпні знову настала жорстка посуха. Температура повітря перевищувала середнє багаторічне значення. Серед досліджених 7 сортів сої у 2 сортів (Ятрань та Аріадна) за інфікування ВМС урожайність не знижувалася і відбувалося підвищення вмісту білка, активності лектинів та флавоноїдів. У 2 інших сортів (Сяйво та Фенікс) за інфікування ВМС спостерігалось зниження урожайності, однак підвищився вміст білка, активність лектинів та знизився вміст жиру, активність ліпоксигенази та інгібітора трипсину. У сорту Сяйво у вірусінфікованому насінні відбувалося зростання вмісту флавоноїдів у порівнянні з іншими сортами. У 3 сортів сої (Мельпомена, Антарес, Симфонія) за інфікуван-

ня ВМС спостерігалось зниження урожайності, вмісту білка, флавоноїдів та підвищення вмісту інгібітора трипсину (табл. 2).

Наступним етапом наших досліджень було вивчення відносного вмісту вологи (RWC), вільного проліну та активності лектинів у листках 2-х верхніх ярусів рослин сортів сої, які відрізнялися за рівнем посухостійкості в трьох репродуктивних фазах вегетації, найбільш уразлих до дефіциту вологи, – в фазі початку цвітіння, кінця цвітіння та наливу бобів. У результаті проведених досліджень було з'ясовано, що у фазу початку цвітіння та фазу цвітіння немає достовірних відмінностей між посухостійкими та непосухостійкими сортами сої за всіма вивченими показниками. У фазу наливу бобів середній рівень усіх показників був достовірно вищим у посухостійких сортів у порівнянні з непосухостійкими сортами (відмінності вмісту відносної вологи, вільного проліну та активності лектинів між посухостійкими та непосухостійкими сортами були достовірні за  $P < 0,05$ ) (табл. 3).

Таблиця 3. Визначення біохімічних показників у листках 2-х верхніх ярусів рослин сортів сої, які відрізнялися за рівнем посухостійкості (у фазу наливу бобів)

Сорти	Вміст проліну, %	Відносний вміст вологи, %	Активність лектинів, (мкг/мл) <sup>-1</sup>
<b>посухостійкі сорти</b>			
Амегіст	0,087	73,20	11,70
Медея	0,096	72,43	25,60
Романтика	0,109	76,42	28,53
Спрінт	0,097	71,60	24,06
Альтаір	0,130	73,00	24,71
Фарватер	0,110	71,45	13,39
Сяйво	0,082	73,77	12,79
Знахідка	0,083	76,44	15,55
Мельпомена	0,069	71,55	10,42
Валюта	0,092	73,65	8,35
max	0,130	76,42	28,53
min	0,069	71,45	8,35
Середнє	<b>0,096±0,0055</b>	<b>73,35±0,58</b>	<b>17,51±2,34</b>
<b>непосухостійкі сорти</b>			
Вільшанка	0,076	72,67	13,58
Ятрань	0,061	70,45	6,72
Діана	0,054	68,80	16,78
Танаїс	0,052	68,45	14,04
Білянка	0,061	65,87	12,01
max	0,076	72,67	16,78
min	0,052	65,87	6,72
Середнє	<b>0,061±0,0042</b>	<b>68,82±0,85</b>	<b>12,62±1,66</b>

### Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що інфікування вірусом мозаїки сої (ізоляти SKP-16 та SGP-17) викликало в інфікованому насінні сої зміни біохімічних показників (вмісту білка, основних фракцій запасних білків – гліциніну та β-конгліциніну, жиру, вуглеводів, ізофлавонів, активності лектинів, ліпоксигенази, інгібітора трипсину), що характеризують якість насіння та беруть участь у формуванні захисних реакцій рослин, які залежали від сорту сої, ступеня ураження рослин та умов вирощування; вивчено біохімічні критерії (відносний вміст вологи, вміст вільного проліну та активність

лектинів) в листках 2-х верхніх ярусів рослин у фазах вегетації, які є найбільш уразливими до дефіциту вологи, для оцінки рівня посухостійкості рослин сої. Проведені дослідження дозволять розробити нові підходи до оцінки селекційного матеріалу, які скоротять строки створення сортів сої із господарсько-цінними ознаками та комплексною стійкістю (і до кліматичних умов довкілля, і до фітовірусних інфекцій) та будуть рекомендовані для впровадження у селекційну і сільськогосподарську практику, що дозволить отримувати високоякісні врожаї цієї культури.

### Reference

1. Irvin M.E., Schultz G.A. Soybean mosaic virus. *FAO. Plant Prot. Bull.* 1981. Vol. 29. P. 41–55.
2. Campos R.E., Bejerman N., Nome C., Laguna I., Rodriguer P.P. Bean Yellow mosaic virus in soybean from Argentina. *J. Phytopatholog.* 2014. Vol. 162. P. 222–325.
3. Mishchenko L.T., Dunich A.A., Shevchenko T.P., Budzaniwska I.G., Polischuk V.P., Andriychuk O.M., Molchanets O.V., Antipov I.O. Detection of soybean mosaic virus in some left-bank forest-steppe regions of Ukraine. *The Microbiologic Journal.* 2017. Vol. 79, № 3. P. 3–14.
4. Li T., Didorenko S., Orazbaeva U., Spankulova Z., Tashkenova A., Birimzhanova Z. Biochemical indexes of soybean drought tolerance. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology.* 2013. № 3. P. 35–40. [in Russian] / Ли Т., Дидоренко С., Оразбаева У., Спанкулова З., Ташкенова А., Биримжанова З. Биохимические индексы засухоустойчивости сои. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology.* 2013. № 3. С. 35–40.
5. Babosha A.V. Inducible lectins and plant resistance to pathogenic organisms and abiotic stresses. *Biochemistry.* 2008. Vol. 73, № 7. P. 1007–1022. [in Russian] / Бабоша А.В. Индуцибельные лектины и устойчивость растений к патогенным организмам и абиотическим стрессам. *Биохимия.* 2008. Т. 73, № 7. С. 1007–1022.

6. Mishchenko L.T. Virus diseases of winter wheat. Kyiv: Phytosocicenter, 2009. 352 p. [in Ukrainian] / Міщенко Л.Т. Вірусні хвороби озимої пшениці. К.: Фітосоціоцентр, 2009. 352 с.
7. Martinez M., Rubio-Somora I., Carbonenro P., Diaz I. A cathepsin B-like cystein protease gene from *Hordeum Vulgare* (gene CatB) induced by GA in aleurone cells is under circadian control in leaves. *J. Exp. Bot.* 2003. Vol. 5. P. 951–959.
8. Tarchevsky I.A. Signalling systems of plant cells. M.: Nauka, 2002. 292 p. [in Russian] / Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 292 с.
9. Parr A.J., Bolwell G.P. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2000. Vol. 80. P. 985–1012.
10. Szabodos L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends Plant Sci.* 2009. Vol. 15, № 2. P. 89–97.
11. Dosphechov B.A. Field technique (with basis of statistical processing of research results). 5-th revised and enlarged edition. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. [in Russian] / Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Crowther J.R. ELISA. Theory and practice. New York: Hamana Press, 1995. 223 p.
13. Sherepitzko D.V., Budzanivska I.G., Polischuk V.P., Boyko A.L. Sequencing and phylogenetic analysis of Soybean mosaic virus isolated in Ukraine. 2011. *Biopolymers and Cell.* Vol. 27, № 6. P. 472–479. doi: 10.7124/bc.00011A.
14. Huelsenbeck J.P., Rannala B. Maximum likelihood estimation of phylogeny using stratigraphic data. *Paleobiology.* 1997. Vol. 23, № 2. P. 174–180.
15. Muhire B.M., Varsani A., Martin D.P. SDT: A virus classification tool based on pairwise sequence alignment and identity calculation. *PLoS ONE.* 2014. Vol. 9, № 9. e108277. doi: 10.1371/journal.pone.0108277.
16. Levitsky A.P. Extractive method of fat determination in plant primary produce using extractos of new type. *Proceeding of scientific investigations of All Union PBI 'Biochemical methods of breeding material research'*. Odessa: All Union PBI, 1979. Vol. 15. P. 78–84. [in Russian] / Левицкий А.П. Экстракционный метод определения жира в растительном сырье с использованием экстракторов нового типа. *Сборник научных трудов ВСГИ "Биохимические методы исследования селекционного материала"*. Одесса: ВСГИ, 1979. Т. 15. С. 78–84.
17. Lucik M.F., Panasyuk E.N., Lucik A.D. Lectins. Lviv: Vuscha shkola, 1980. 150 p. [in Russian] / Луцик М.Ф., Панасюк Е.Н., Луцик А.Д. Лектины. Львов: Вища школа, 1981. 150 р.
18. Budnitskaya E.V. Research of lipoxygenase activity of feeder greens using method of carotin oxidating. *Biochemistry.* 1955. Vol. 20, № 5. P. 615–621. [in Russian] / Будницкая Е.В. Исследование активности липоксигеназы кормовых трав методом окисления каротина. *Биохимия.* 1955. Т. 20, Вып. 5. С. 615–621.
19. Vasyukova A.N. Study of total flavonoids content in the seed and seedlings of soybean. *Agricultural sciences and agro-industrial complex.* 2013. № 4. P. 9–13. [in Russian] / Васюкова А.Н. Изучение содержания суммы флавоноидов в семенах и проростках сои. *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс.* 2013. № 4. С. 9–13.
20. Mishenko L., Dunich A., Mishenko I., Molodchenkova O. Molecular and biological properties of soybean mosaic virus and its influence on the yield and quality of soybean under climate change conditions. *Agriculture and forestry.* 2018. Vol. 64, № 4. P. 39–47.

MOLODCHENKOVA O. O.<sup>1</sup>, MISHCHENKO L. T.<sup>2</sup>, KARTUZOVA T. V.<sup>1</sup>, BEZKROVNAYA L. Ya.<sup>1</sup>, LIKHOTA O. B.<sup>1</sup>, LAVROVA G. D.<sup>1</sup>, MURSAKAEV E. Sh.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plant Breeding & Genetics Institute-National Center of Seed and Cultivar Investigation, Ukraine, 65036, Odessa, Ovidiopolskaya doroga, 3, e-mail: olgamolod@ukr.net

<sup>2</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv,

Ukraine, 01601, Kyiv, Volodumurska str., 64/13, e-mail: mishchenko@ukr.net

## BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOYBEAN VARIETIES UNDER VIRAL INFECTION AND DIFFERENT GROWTH CONDITIONS

**Aim.** The aim of the work was to investigate of particularities of biochemical composition of seed and plant vegetative mass of different soybean varieties at the action of viral infection and agroclimatic conditions. **Methods.** Standard and adapted methods of biochemical analysis were used for laboratory research. Isolation of glycinin and  $\beta$ -conglycinin was carried out using method developed in the laboratory (Pat #42181). **Results.** It was established that infection by Soybean mosaic virus (SKP-16 and SGP-17 isolates) causes changes in the biochemical characteristics (content of protein, main storage protein fractions (glycinin and  $\beta$ -conglycinin), fat, carbohydrates, isoflavones, activity of lectin, lipoxygenase, trypsin inhibitor) in the infected seeds that depend on the soybean variety, the infection degree of the plants and the conditions of cultivation. The determination of the relative moisture content, proline content, and lectin activity in the leaves of the 2 upper layers of soybean plants, which differed on the level of drought-tolerance in the phases of flowering, bob formation and filling of beans showed that contents of all studied biochemical characteristics significantly increased in the drought-tolerant soybean varieties as compared with not drought-tolerant ones in the phase of filling of beans. **Conclusions.** The obtained results can be used for development of the methods of soybean varieties selection with high seed quality and complex resistance (to the cultivation conditions and viral infection) and will be recommended for implementation in breeding and agricultural practices.

**Keywords:** soybean, plant breeding, SMV, drought, biochemical characteristics.