

## БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА СОЇ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМБІНАЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

**Козючко Альона Григорівна**

аспірантка

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,

м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0001-5703-0292

alona.kozyuchko.01@gmail.com

**Гавій Валентина Миколаївна**

кандидат біологічних наук, доцент

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,

м. Ніжин, Україна

ORCID: 0000-0002-2804-0456

gaviyv@gmail.com

*З усіх зернобобових культур соя є найбільш цінною культурою. За вмістом життєво необхідних речовин у зерні соя не має собі рівних. Вона характеризується високим вмістом білка, олії та високими поживними якостями.*

*Без використання добрив неможливо отримати великий урожай сої. Серед основних факторів, що визначають урожайність цієї культури, добрива становлять 30%, сорти – 20%, погодні умови та захист рослин – по 15%, ефективна родючість та обробіток ґрунту – по 10%. Експериментальні дослідження свідчать про те, що регулятори росту рослин значно підвищують поживну цінність насіння сої. Тому, нами було вивчено вплив комбінацій метаболічно активних речовин (комбінацій вітаміну Е і убіхінону-10; вітаміну Е, параоксибензойної кислоти (ПОБК) і метіоніну; вітаміну Е, параоксибензойної кислоти (ПОБК), метіоніну, магній сульфату ( $MgSO_4$ ) і регулятора росту Вимпел на біохімічний склад насіння сої сорту Аннушка.*

*Передпосівна обробка насіння сої метаболічно активними речовинами сприяє більш активному порівняно із контрольним варіантом накопиченню білку та «сирої» клітковини у зерні сої. Обробка насіння вітаміном Е в поєднанні з убіхіноном-10 перед сівою забезпечила підвищення вмісту сирого протеїну в насінні сої в середньому на 31,44 %. Комбінації метаболічно активних речовин дали можливість збільшити вміст «сирої» клітковини в середньому на 2,88–3,89 %. Максимальних результатів було досягнуто за використання комбінацій вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + метіонін + ПОБК. Вище зазначені комбінації перевищили показник контролю за вмістом «сирої» клітковини на 51,59 % і 50,00 %.*

*Поєднання вітаміну Е та убіхінону-10 в порівнянні з іншими варіантами досліджень виявилось найефективнішим по накопиченню білку та «сирої» клітковини у насінні сої. Таким чином, введення у технологію вирощування сої передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних сполук дозволить збільшити вміст білку, «сирої» клітковини в насінні сої, що є важливим з точки зору його харчової цінності.*

**Ключові слова:** соя, біохімічні показники, білок, «сирі» клітковина, вітамін Е, убіхінон-10, параоксибензойна кислота (ПОБК), магній сульфат ( $MgSO_4$ ), Вимпел.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.13>

**Вступ.** Висока поживна цінність сої робить її незамінною культурою, яка займає 6 місце за загальним урожаєм і є найбільш вирощуваною олійною культурою, що адаптується до різноманітних кліматичних умов (Kim et al., 2015). Основними виробниками сої у світі є США, Бразилія, Аргентина, Китай та Індія, які забезпечують близько 90% світового виробництва (Rizzo & Varoni, 2018). Ця продовольча культура широко вживається в їжу завдяки джерелу білків високої якості. Споживання соєвого білка знижує рівень холестерину в крові, зменшує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, раку молочної залози та остеопорозу (Gutiérrez et al., 2006).

У прагненні задовольнити підвищений попит на сою, стало важливим впровадження агротехнічних методів, які сприяють пристосованості до складних умов середовища, покращують стійкість сої до абіотичного стресу та підвищують продуктивність. Регулятори росту рослин в основному використовуються для досягнення зазначе-

ного через їх вирішальну роль у рості та розвитку рослин (Amoanima-Dede et al., 2022).

Відомо, що регулятори росту рослин також необхідні для проростання, розвитку квіток і коренів, дозрівання та зберігання насіння рослин (Wu et al., 2017; Yi-Ping et al., 2015). Продемонстровано, що такі регулятори росту рослин, як ауксин, цитокінін, абсцизова кислота, етилен, жасмонова кислота, саліцилова кислота, гібереліни та брасиностероїди, сприяють зростанню продуктивності сої (Basuchaudhuri, 2016; Dhakne et al., 2015; Giri et al., 2018; Kim et al., 2018; Mohamed & Latif, 2017; Roy Choudhury, Johns & Pandey, 2019; Sudadi & Suryono, 2015), утворення коренів і пагонів (Kim et al., 2018; Qi et al., 2013; Steffens, Wang & Sauter, 2006), покращують ефективність використання води (Giri et al., 2018), сприяють цвітінню та зав'язуванню бобів (Nagel et al., 2001), підвищують вміст хлорофілу (Sun et al., 2016), покращують швидкість фотосинтезу (Qi et al., 2013; Travaglia,

Reinoso & Bottini, 2009), посилюють транслокацію фотоасимілятів (Liu et al., 2013)., 2019; Sun et al., 2016), збільшують накопичення біомаси (Liu et al., 2019; Mohamed & Latif, 2017), забезпечують стійкість до абіотичних стресів (George, Hall & De Klerk, 2008; Hamayun et al., 2010), що призводить до посилення росту та врожайності.

Експериментальні дослідження свідчать про те, що регулятори росту рослин значно підвищують поживну цінність насіння сої. Такі параметри якості насіння, як вміст білка, є особливо важливими для виробництва харчової сої. Низький вміст білка в насінні сої є небажаним для отримання соєвого молока. Розчинний білок виконує важливі функції у рості рослин і є ключовою складовою кількох рослинних ферментів, що впливає на метаболізм рослини в цілому. Позакореневе внесення 100 мг/л саліцилової кислоти, 10 мг/л паклобутразолу або 5 г/л гумінової кислоти на рослини сої мали позитивний вплив, максимізуючи її поживну цінність (El-Aal & Eid, 2017). Саліцилова кислота підвищила якість насіння сої та структуру врожаю порівняно з контролем (Devî et al., 2011). Крім того, обприскування саліциловою кислотою листків і стебел на ранніх стадіях вегетації підвищило вміст білку та води в насінні сої (Khatun et al., 2016). Таким чином, регулятори росту покращують якість насіння сої як у стресових, так і в нормальних умовах.

Мета роботи полягала у дослідженні біохімічного складу насіння сої сорту Аннушка за передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Грунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений, малогумусний. За профілем характеризується відносною однорідністю гранулометричного і валового хімічного складу зі значним вмістом елементів живлення в гумусовому горизонті. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5 %, ступінь насиченості основами – 90,8–91,1 %, реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,0–6,3), гідролітична кислотність 2,42 мг -екв./100 г ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору – 118 мг/кг та обмінного калію – 99 мг/кг (за Чириковим – забезпеченість підвищена), нітрогену – 64 мг/кг (за Корнфілдом – забезпеченість середня). Потреби у внесенні мінеральних добрив не було. Загальна площа посівної ділянки – 108 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів – трьохразова. Дослідження проводилися протягом 2019–2021 рр.

Для дослідів використовували сою сорту Аннушка, виведену НСНФ «Соєвий вік». За врожайністю він істотно перевищує інші скоростиглі сорти, а за вмістом жиру та сирого протеїну йде на рівні з ними. Термін вегетації 75–85 днів. Українська державна система сортовипробування визнала за Аннушкою максимальну стійкість до хвороб – 9 балів (за 9-бальною шкалою), до вилягання – 8–9, посухи – 8,5–9,0 до осипання – 8,0–8,8 балів (тобто боби цього сорту практично не розтріскуються) (Коротич, 2006).

Нами були використані такі варіанти:

- контроль (необроблене насіння);
- обробка насіння комбінацією речовин: вітамін Е (10<sup>-8</sup> М) + убіхінон-10 (0,001%);

- обробка насіння комбінацією речовин: вітамін Е (10<sup>-8</sup> М) + параоксibenзойною кислотою (ПОБК) (0,001%) + метіонін (0,001%) + MgSO<sub>4</sub> (0,001%);

- обробка насіння комбінацією речовин: вітамін Е (10<sup>-8</sup> М) + параоксibenзойною кислотою (ПОБК) (0,001%) + метіонін (0,001%).

Ефективність дії цих комбінацій порівнювали з дією відомого стимулятора росту рослин Вимпел (у концентрації 20 г/л).

При проведенні досліджень керувались «Основами наукових досліджень в агрономії» (Yeshchenko ta in., 2005).

Визначення білків у рослинному матеріалі проводили по методу Лоурі (Zakharova ta in., 1982). Масову частку клітковини визначали загально прийнятим методом Геннеберга і Штомана.

Статистична та математична обробка результатів здійснювалась за допомогою програми Excel 16.0 для Windows. Статистична оцінка проводилась за t – критерієм Стюдента при рівні значимості p ≤ 0,05.

**Результати.** Висока цінність сої визначається насамперед великим вмістом повноцінного білка, який на 88–95 % представлений водорозчинною фракцією і включає легкокорозчинні глобуліни (60–81 %), альбуміни (8–25 %), важкорозчинні глобуліни (3–7 %). Білок сої за хімічним складом дуже близький до білків тваринного походження, зокрема до білка курячих яєць, що є еталоном оцінки якості білка. Тому, організм людини витрачає мінімальні зусилля для перетворення соєвого білка в білки свого тіла. Також, білки сої містять незамінні амінокислоти (лізин, метіонін, цистин, тирозин, триптофан, треонін, валін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін), які і визначають його повноцінність. Жодна інша культура не має такої кількості амінокислот, як соя (Babyuch, 1996; Sirchak, 1999).

На основі проведених нами досліджень з'ясовано, що передпосівна обробка насіння сої комбінаціями метаболічно активних речовин впливає на вміст білку в насінні. Так, вміст сирого протеїну у насінні сої у контрольному варіанті дослідів становив 18 мг/г. У результаті проведених досліджень встановлено позитивний вплив комбінацій вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> на вміст сирого протеїну в зерні сої. Так, обробка насіння вітаміном Е в поєднанні з убіхіноном-10 перед сівбою забезпечила підвищення вмісту сирого протеїну в середньому на 31,44 %, у той час як передпосівна обробка насіння комбінацією вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> – на 4,77 %, відповідно до показників контролю. Також слід відмітити, що за використання комплексу вітамін Е + убіхінон-10 вміст сирого протеїну був вищим порівняно із варіантами де застосовували регулятор росту Вимпел (табл. 1).

Передпосівна обробка комбінаціями метаболічно активних речовин також позитивно вплинула на вміст “сирої” клітковини в зерні сої (табл. 2). За результатами трирічних досліджень вміст “сирої” клітковини у контрольному варіанті складає 7,54 %. З'ясовано, що комбінації метаболічно активних речовин дали можливість збільшити цей показник в середньому на 2,88–3,89 %. Максимальних результатів було досягнуто за використання

**Вміст сирого протеїну в зерні сої сорту Аннушка за передпосівної обробки насіння  
комбінаціями метаболічно активних речовин, мг/г**

Варіант досліджу	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
				мг/г	% до контролю
Контроль	18,38 ± 0,30	16,87 ± 0,63	18,75 ± 0,44	18,00 ± 0,46	100,00
Вимпел	22,73 ± 0,92*	23,44 ± 0,59*	23,25 ± 0,75*	23,14 ± 0,63*	128,55
Вітамін Е + убіхінон-10	24,75 ± 1,07*	21,25 ± 1,25*	25 ± 1,17*	23,66 ± 0,96*	131,44
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	19,1 ± 0,15	18,13 ± 0,63	19,37 ± 0,46	18,86 ± 0,43	104,77
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	18,28 ± 0,32	15,95 ± 0,59	18,45 ± 0,45	17,56 ± 0,44	97,55

Примітка: \* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ .

**Вміст «сирої» клітковини в зерні сої сорту Аннушка за передпосівної обробки насіння  
комбінаціями метаболічно активних речовин, %**

Варіант досліджу	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
				%	% до контролю
Контроль	7,61 ± 0,12	7,47 ± 0,08	7,55 ± 0,11	7,54 ± 0,09	100
Вимпел	11,42 ± 0,33*	11,12 ± 0,35*	11,37 ± 0,49*	11,30 ± 0,30*	149,87
Вітамін Е + убіхінон-10	11,46 ± 0,05*	11,37 ± 0,09*	11,47 ± 0,14*	11,43 ± 0,08*	151,59
Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	11,16 ± 0,17*	9,05 ± 0,19*	11,05 ± 0,28*	10,42 ± 0,15*	138,19
Вітамін Е + метіонін + ПОБК	11,33 ± 0,30*	11,46 ± 0,31*	11,15 ± 0,43*	11,31 ± 0,30*	150,00

Примітка: \* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ .

комбінацій вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + метіонін + ПОБК. Вище зазначені комбінації не тільки перевищили показник контроль на 51,59 % і 50,00 %, а й показали вищий результат в порівнянні з дією синтетичного регулятора росту Вимпел.

**Обговорення.** У сучасних умовах, коли більшість виробників не мають можливості забезпечити достатній рівень використання добрив, особливо гостро стоїть питання впровадження у виробництво нових елементів, що підвищують врожайність та покращують якість продукції. У цьому відношенні надзвичайно актуальним для виробників є застосування нових засобів підвищення врожайності: регуляторів росту рослин, комплексних бактеріальних добрив та біопрепаратів. Це дає можливість спрямованої регуляції процесів росту та розвитку зернобобових культур, завдяки можливості використання (на відміну від традиційних добрив) як у період передпосівної підготовки матеріалу, так і для позакореневої обробки рослин у відповідні фази їхнього розвитку.

Метаболічно активні речовини часто використовують у галузі рослинництва. Вони входять до складу багатьох стимуляторів росту та інших препаратів для рослин. Щороку вивчають нові властивості цих речовин та їхні перспективи щодо подальшого застосування. На сьогодні

їх використовують для стимуляції росту рослин, захисту їх від шкідників, хвороб та стресів, що сприяє підвищенню показників урожайності культурних рослин.

Використання метаболічно активних речовин дає змогу краще розкрити потенціал рослини, підвищити стресостійкість проти факторів живої та неживої природи і в результаті збільшити продуктивність сільськогосподарських культур. Вчені всього світу проводять дослідження в цій галузі для виявлення нових корисних властивостей, які в подальшому можна було б використовувати в рослинництві для збільшення їхньої ефективності. Метаболічно активні речовини мають здатність прискорювати та уповільнювати ростові процеси в насінні рослин, захищати його від різних факторів, що безпосередньо впливають на подальший ріст рослини, перебіг її фізіологічних процесів та можуть підвищувати показники врожайності (Nardi et al., 2016).

У роботі ми досліджується вплив комбінацій метаболічно активних речовин на біохімічний склад зерна сої. З'ясовано, що такі досліджувані комбінації як вітамін Е + убіхінон-10 та вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> стимулюють накопичення в зерні сої сирого протеїну. Комбінація вітаміну Е та убіхінону-10 є найефективнішою в порівнянні з показниками контролю та дії синтетичного регулятора росту Вимпел.

За результатами трирічних досліджень передпосівна обробка метаболічно активними речовинами дала можливість збільшити показник "сирої" клітковини в насінні сої на 38,19 – 51,59 % порівняно з показниками контролю. Слід зазначити, що ефекти досліджуваних комбінацій метаболічно активних речовин є маловивченими, але вже показана їх ефективність щодо впливу на фізіологічні показники, асиміляційні процеси та структуру врожаю сої (Koziuchko *ta in.*, 2020; Koziuchko *ta in.*, 2020; Koziuchko *ta in.*, 2021). Продемонстровані ефекти зазначених речовин можна пояснити ефективністю компонентів досліджуваних комбінацій, їхнім дозуванням за передпосівної обробки насіння. Так, вітамін Е (токоферол) є сильним антиоксидантом, який рослини використовують як складову захисних систем проти окиснювального стресу. Високий вміст токоферолів зумовлює стійкість до засолень, посухи, дії важких металів, озону, УФ-променів тощо. Вітамін Е координує працює з іншими антиоксидантами та взаємодіє з фітогормонами (етиленом, абсцизовою кислотою, саліциловою кислотою та ін.) (Miret *et al.*, 2015). Найвищу концентрацію токоферолів серед усіх органів рослин має насіння. Оскільки в насінні міститься висока концентрація поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), токоферолі також можуть виконувати роль їхніх протекторів. Завдяки високому вмісту токоферолів насіння може довгий час залишатися життєздатним і перебувати в стані спокою за несприятливих умов навколишнього середовища. Крім того, токоферолі захищають розсаду на ранніх етапах росту від згубної дії активних форм кисню, що утворюються під час активних біохімічних процесів у молодій рослині (Sattler *et al.*, 2004).

Убіхінон в організмі рослин бере участь в обмінних процесах, виявляє антиоксидантні властивості, бере участь у регуляції експресії генів, передачі сигналів у клітинах (Miret *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2016). Разом із пластохіно-

ном він бере участь у процесах фотофосфорилування та окислювального фосфорилування відповідно в тилакоїдах хлоропластів та на внутрішній мембрані мітохондрій. Також показано, що вітамін Е ( $\alpha$ -токоферилацетат) та убіхінон можуть виявляти імуностимулювальну, антифітотвірну та антибактеріальну активність (Stahl *et al.*, 2019).

Параоксibenзойна кислота має виражену антимікробну активність і має властивості пригнічувати ріст бактерій, цвілевих та інших грибів. Вона поєднує у собі властивості сигнального посередника і стресового фітогормону. Метіонін є попередником синтезу гормонів росту, регулює відкриття прорихів.

Джерелом додаткового живлення сільськогосподарських культур є мінеральне добриво – сульфат магнію. Відомо, що магній відіграє важливу роль у фотосинтезі, оскільки входить до складу молекули хлорофілу, пектинових речовин, бере участь у синтезі білків, переміщенні фосфору, активізує ферменти, регулює поглинання води кореневою системою. Сульфур контролює ріст і розвиток рослини, також, як і магній, відіграє роль у синтезі білків, ферментів, метаболізм, в окисно-відновних процесах клітини, підвищує стійкість до стресових умов, активізує відновні процеси (Chorny, 2020).

**Висновки.** Передпосівна обробка насіння сої метаболічно активними речовинами сприяє більш активному порівняно із контрольним варіантом накопиченню білку та «сирої» клітковини у зерні сої. Поєднання вітаміну Е та убіхінону-10 в порівнянні з іншими варіантами досліджень виявилось найефективнішим при дослідженні біохімічного складу насіння сої, тому подальше вивчення впливу зазначених вище речовин на зернобобові культури є перспективним. Передпосівна обробка насіння сої метаболічно активними сполуками може бути використана як елементи технології при вирощуванні зернобобових культур.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Amoanima-Dede, H., Su, C., Yeboah, A., Zhou, H., Zheng, D., & Zhu, H. (2022). Growth regulators promote soybean productivity: a review. *PeerJ* 10:e12556. doi: 10.7717/peerj.12556
2. Babych, A.O. (1996). *Svitovi zemelni, prodovolchi i kormovi resursy* [World land, food and fodder resources]. *Ahrarna nauka*, Kiev, 570 (in Ukrainian)
3. Basuchaudhuri, P. (2016). Influences of plant growth regulators on yield of soybean. *Growth*, 8(3.30).
4. Behr, M., Sergeant, K., & Leclercq, C.C. (2018). Insights into the molecular regulation of monoglignol-derived product biosynthesis in the growing hemp hypocotyl. *BMC Plant Biol* 18, 1. doi: 10.1186/s12870-017-1213-1
5. Cal, Y.-P., Sun, Z.-W., Wang, X.-Y., Suo, Y.-R., & You J.-M. (2015) Determination of plant growth regulators in vegetable by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry coupled with isotop-coded derivatization. *Chinese journal of analytical chemistry*, 43, (3), 419-423. ISSN 1872-2040. doi: 10.1016/S1872-2040(15)60814-3
6. Chorny, S.H. (2020). *Osnovy ahronomichnoi khimii: navchalnyi posibnyk* [Fundamentals of agronomic chemistry: a textbook]. MNAU, Mykolaiv, 284 (in Ukrainian)
7. Devi, K. N., Vyas, A. K., Singh, M. S., & Singh, N. G. (2011). Effect of bioregulators on growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine max*). *Journal of Agricultural Science*, 3(4), 151.
8. Dhakne, A. S., Mirza, I. A. B., Pawar, S. V., & Awasarmal, V. B. (2015). Yield and economics of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) as influenced by different levels of sulphur and plant growth regulator. *International Journal of Tropical Agriculture*, 33, 2645–2648.
9. George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G. J. D. (2008). Plant growth regulators I: introduction; auxins, their analogues and inhibitors. In *Plant propagation by tissue culture*, Springer, Dordrecht, 175–204.
10. Giri, M., Jaybhaye, C., Kanwade, D., & Tijare, B. (2018). Effect of foliar application of gibberellic acid on pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.)) under rainfed conditions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 617–620.
11. Gutiérrez Martínez Mdel, M., Riquelme Raya, R., Campos Martínez, AM., Lorite Garzón, C., Strivens Vilchez, H., & Ruiz Rodríguez, C. (2006) Efectos de la soja en los síntomas vasomotores de la menopausia [Effect of soybeans and soy sauce on vasomotor symptoms during menopause]. *Rev Enferm. Spanish*, 29(6), 16–22. (Spanish).

12. Hamayun, M., Hussain, A., Khan, S. A., Irshad, M., Khan, A. L., Waqas, M., & Lee, I. J. (2015). Kinetin modulates physio-hormonal attributes and isoflavone contents of soybean grown under salinity stress. *Frontiers in plant science*, 6, 377.
13. Henneberg, W., & Stohmann, F. (1860). Beitrage zur Begrundung einer Rationellen Fütterung der Wiederkauer. Schwetschke u. Sohn, Brunswick, 1 (2).
14. Hodgson, E. W., McCormack, B. P., Tilmon, K., & Knodel, J. J. (2012). Management Recommendations for Soybean Aphid (Hemiptera: Aphididae) in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(1), 1–10. doi: 10.1603/IPM11019
15. Khatun, S., Roy, T. S., Haque, M. N., & Alamgir, B. (2016). Effect of plant growth regulators and their time of application on yield attributes and quality of soybean. *International Journal of Plant & Soil Science*, 11(1), 1–9.
16. Kim, Y. H., Hwang, S. J., Waqas, M., Khan, A. L., Lee, J. H., Lee, J. D. & Lee, I. J. (2015). Comparative analysis of endogenous hormones level in two soybean (*Glycine max* L.) lines differing in waterlogging tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 6, 714.
17. Korotych, P. (2006). Nadrannia soia y novyi pohliad na sivozminy [Early soybeans and a new look at crop rotation]. *Propozytsiia*, 1, 72–75 (in Ukrainian)
18. Koziuchko, A. H., Gavii, V. M. & Kuchmenko, O. B. (2020). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymy rehovynamy na okremi fiziologichni pokaznyky soi sortu Annushka ta yii produktyvnist [Influence of pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances on certain physiological parameters of Annushka soybean and its productivity]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biolohiia*, 1-2 (79), 84–90. doi: 10.25128/2078-2357.20.1-2.12 (in Ukrainian)
19. Koziuchko, A. & Gavii, V. (2021). Biokhimichni sklad nasinnia soi za peredposivnoi obrobky nasinnia kombinatsiiami metabolichno aktyvnykh rehovyn ta rehulatorom rostu vympel [Biochemical composition of soybean seeds for pre sowing seed treatment with combinations of metabolically active substances and the Vympel growth regulator]. *Graal Nauky*, (4), 135-140. doi: 10.36074/grail-of-science.07.05.2021.025 (in Ukrainian)
20. Koziuchko, A., & Gavii, V. (2020). Efektyvnist vplyvu peredposivnoi obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymy rehovynamy ta rehulatorom rostu roslyn «Vympel» na asimiliatsiini protsesy soi sortu annushka u fazi tsvitinnia roslyn [Effectiveness of pre-sowing seed treatment with metabolically active substances and plant growth regulator “vympel” on the assimilation processes of soy varieties annushka in the flowering phase of plants]. *Zbirnyk naukovykh prats ΛOHOΣ*, 82-85. doi: 10.36074/18.09.2020.v2.15 (in Ukrainian)
21. Liu, C., Feng, N., Zheng, D., Cui, H., Sun, F. & Gong, X. (2019). Uniconazole and diethyl aminoethyl hexanoate increase soybean pod setting and yield by regulating sucrose and starch content. *J. Sci. Food Agric.*, 99, 748–758. doi: 10.1002/jsfa.9243
22. Liu, M., & Lu, S. (2016). Plastquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci.* 7, 1898. doi: 10.3389/fpls.2016.01898
23. M. M. Abd El-Aal, M., & S. M. Eid, R. (2017). Optimizing Growth, Seed Yield and Quality of Soybean (*Glycine max* L.) Plant Using Growth Substances. *Asian Research Journal of Agriculture*, 6(3), 1–19. doi: 10.9734/ARJA/2017/36034
24. Miret, J.A., Munné-Bosch, S. (2015). Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci.* 1340, 29–38. doi: 10.1111/nyas.12639
25. Muhammad, H., Sumera, A. K., Abdul, L. K., Jae-Ho, S., Bashir, Dong-Hyun, S., & In-Jung, L. (2010). Exogenous Gibberellic Acid Reprograms Soybean to Higher Growth and Salt Stress Tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (12), 7226-7232. doi: 10.1021/jf101221t
26. Nagel, L., Brewster, R., Riedell, W. E., & Reese, R. N. (2001). Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Annals of Botany*, 88 (1), 27–31. doi: 10.1006/anbo.2001.1423
27. Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M. & Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, 73(1), 18–23. doi: 10.1590/0103-9016-2015-0006
28. Qi, R., Gu, W., Zhang, J., Hao, L., Zhang, M., Duan, L., & Li, Z. (2013). Exogenous diethyl aminoethyl hexanoate enhanced growth of corn and soybean seedlings through altered photosynthesis and phytohormone. *Australian Journal of Crop Science*, 7(13), 2021–2028.
29. Rizzo, G. & Baroni, L. (2018) Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. *Nutrients*, 10(1), 43. doi: 10.3390/nu10010043
30. Roy Choudhury, S., Johns, S. M., & Pandey S. (2019). A convenient, soil-free method for the production of root nodules in soybean to study the effects of exogenous additives. *Plant Direct*, 3, 1–11. doi: 10.1002/pld3.135
31. Sattler, S.E., Gilliland, L.U., Magallanes-Lundback, M., Pollard, M. & Della Penna, D. (2004). Vitamin E. Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination. *The Plant Cell*, 16(14), 19–32. doi: 10.1105/tpc.021360
32. Sichkar, V.I. (1999). Soia u prodovolchomu balansi Ukrainy [Soy in the food balance of Ukraine]. *Visn. ahrar. nauky Ukrainy*, 4, 22–26 (in Ukrainian)
33. Stahl, E., Hartmann, M., Scholten, N. & Zeier, J. (2019). A role for tocopherol biosynthesis in arabidopsis basal immunity to bacterial infection. *Plant physiol.* 181(3), 1008–1028. doi: 10.1104/pp.19.00618
34. Steffens, B., Wang, J. & Sauter, M. (2006). Interactions between ethylene, gibberellin and abscisic acid regulate emergence and growth rate of adventitious roots in deepwater rice. *Planta* 223, 604–612. doi: 10.1007/s00425-005-0111-1
35. Sudadi, S. & Suryono, S. (2015). Exogenous application of tryptophan and indole acetic acid (IAA) to induce root nodule formation and increase soybean yield in acid, neutral and alkaline soil. *Agrivita, Journal of Agricultural Science*, 37(1), 37–44.
36. Sun, F., Feng, N., Zheng, D., Cui, H., Liu, C., He, T., & Zhao, J. (2016). Effects of plant growth regulators S3307 and DTA-6 on physiological metabolism and GmAc gene expression in soybean. *Scientia Agricultura Sinica*, 49, 1267–1276.
37. Sun, F., Feng, N., Zheng, D., Cui, H., Liu, C., He, T., & Zhao, J. (2016). Effects of plant growth regulators S3307 and DTA-6 on physiological metabolism and GmAc gene expression in soybean. *Scientia Agricultura Sinica*, 49, 1267–1276.

38. Travaglia, C., Reinoso, H., & Bottini, R. (2009). Application of abscisic acid promotes yield in field-cultured soybean by enhancing production of carbohydrates and their allocation in seed. *Crop and Pasture Science* 60, 1131-1136. doi: 10.1071/CP08396
39. Wu, C., Hua, Y., Chen, Y., Kong, X. & Zhang, C. (2017), Microstructure and model solute transport properties of transglutaminase-induced soya protein gels: effect of enzyme dosage, protein composition and solute size. *Int J Food Sci Technol*, 52, 1527–1533. doi: 10.1111/ijfs.13444
40. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., & Opryshko, V.P. (2005) *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Diia, Kyiv, 288 (in Ukrainian).

**Koziuchko A.G.**, PhD student, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

**Gavii V.M.**, PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Nizhyn Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

**Biochemical indicators of soy grain after pre-treatment of seed with combinations of metabolically active substances**

*Of all leguminous crops, soy is the most valuable crop. In terms of the content of vital substances in the grain, soy has no equal. It is characterized by a high content of protein, oil and high nutritional qualities.*

*Without the use of fertilizers, it is impossible to get a large crop of soybeans. Among the main factors determining the productivity of this crop, fertilizers make up 30%, varieties – 20%, weather conditions and plant protection – 15% each, effective fertility and tillage – 10% each. Therefore, we studied the effect of combinations of metabolically active substances (combinations of vitamin E and ubiquinone-10; vitamin E, paraoxybenzoic acid (PHBA) and methionine; vitamin E, paraoxybenzoic acid (PHBA), methionine, magnesium sulfate ( $MgSO_4$ )) and the regulator Vympel growth on the biochemical composition of soybean seeds of the Annushka variety. It was found that the combination of vitamin E + ubiquinone-10 most effectively stimulated an increase in the content of protein and «crude» fiber in soybean seeds.*

*Pre-sowing treatment of soybean seeds with metabolically active substances contributes to a more active accumulation of protein and «raw» fiber in the soybean grain compared to the control variant. Seed treatment with vitamin E in combination with ubiquinone – 10 before sowing increased the crude protein content of soy seeds by an average of 31.44 %. Combinations of metabolically active substances made it possible to increase the content of «raw» fiber by an average of 2.88-3.89 %. Maximum results were achieved when using combinations of vitamin E + ubiquinone-10 and vitamin E + methionine + PHBA. The above combinations exceeded the control indicator for the content of «raw» fiber by 51.59% and 50.00 %.*

*The combination of vitamin E and ubiquinone-10, compared to other study options, was the most effective in accumulating protein and «raw» fiber in soy seeds. Thus, the introduction of pre-sowing seed treatment with combinations of metabolically active compounds into the technology of growing soybeans will allow to increase the content of protein, «raw» fiber in soybean seeds, which is important from the point of view of its nutritional value.*

**Key words:** soy, biochemical parameters, protein, “raw” fiber, carbohydrates, water-soluble sugars, vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid (PHBA), magnesium sulfate ( $MgSO_4$ ), Vympel.