

**ВМІСТ ПІГМЕНТІВ І ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ КУКУРУДЗИ  
ЗА ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН**

**Заболотна Альона Вадимівна**

кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0002-1634-3273  
z.alona@ukr.net

**Заболотний Олександр Іванович**

кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0003-0069-1617  
aleks.zabolotnyi@gmail.com

**Розборська Лариса Василівна**

кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0003-2002-6438  
lor1970a@gmail.com

**Жиляк Іван Дмитрович**

кандидат хімічних наук  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-00034093-4177  
zhilyak@i.ua

**Даценко Анна Андріївна,**

кандидат сільськогосподарських наук  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0001-6885-836X  
adatsienko3@gmail.com

*У статті приведено результати досліджень щодо впливу обробки насіння кукурудзи регуляторами росту рослин природного походження на такі показники фотосинтетичної продуктивності рослин кукурудзи, як вміст фотосинтетичних пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу.*

*Встановлено, що застосування передпосівної обробки насіння кукурудзи PPP сприяло зростанню вмісту хлорофілів а та b, їх суми та вмісту каротиноїдів від 6 до 20% залежно від пігменту та регулятора росту. Відношення хлорофілів а/b коливалося у межах від 3,19 до 3,25.*

*Визначення відношення хлорофілів а/b показало, що за роки досліджень у дослідних варіантах воно було неістотно нижчим порівняно з контрольним варіантом і коливалося у дослідних варіантах залежно від виду регулятора у межах від 3,19 до 3,25 рази (зниження відносно контролю становило 2–4%).*

*Визначення відношення суми хлорофілів (а+b)/каротиноїди показало, що цей показник у дослідних варіантах знижувався до 5,70–6,11 (до 8%) порівняно з контрольним варіантом, де відношення становило 6,15 рази.*

*Виходячи з отриманих даних щодо відношення хлорофілів а/b та суми хлорофілів (а+b) до каротиноїдів, можна стверджувати, що ці показники свідчать про сприятливі умови, які склалися у варіантах досліді за обробки насіння регуляторами росту рослин, оскільки відношення хлорофілів а/b порівняно з контрольним варіантом майже не змінювалося, а відношення суми хлорофілів (а+b) до каротиноїдів проти контрольного варіанту знизилось.*

*Аналіз отриманих експериментальних даних також продемонстрував, що зміна величини показника чистої продуктивності фотосинтезу у дослідних варіантах відбувалася прямо пропорційно до зміни вмісту фотосинтетичних пігментів. Так, за обробки насіння кукурудзи перед сівбою PPP Біосил (20 мл/т) показник ЧПФ, порівняно з контролем зріс на 4%, тоді як за використання Біолану (50 мл/т) – на 11%. Більш ефективним стосовно чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи виявилось застосування Регопланту (200 мл/т) та Зеастимуліну (20 мл/т). У цих варіантах досліді показник ЧПФ перевищував результати, отримані у контрольному варіанті, на 17 і 16% відповідно до виду PPP.*

*Виконання регресійного аналізу виявило тісний кореляційний зв'язок ( $r^2=0,97$ ) між показником ЧПФ вмістом суми хлорофілів (а+b) у листках кукурудзи, що описується рівнянням регресії:  $y = 2,477x - 2,3181$ .*

**Ключові слова:** кукурудза, регулятор, пігменти, хлорофіл, каротиноїди, відношення, продуктивність, фотосинтез, кореляція.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.4.2>

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва виникає необхідність пошуку нових шляхів і способів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і якості їх продукції. Нині одним із елементів, спрямованих на досягнення цієї мети, є застосування екзогенних регуляторів росту рослин (Rohach & Rohach, 2015). За своєю природою PPP є аналогами фітогормонів або модифікаторами гормонального статусу рослин. Ці речовини володіють широким спектром впливу на рослини, здатні спрямовано впливати на мобілізацію потенційних можливостей рослинного організму, закладених у геномі природою та селекцією, а також коригувати донорно-акцепторні відношення у рослинному організмі внаслідок штучного перерозподілу потоків асимілятів до господарсько важливих органів (Rohach et al., 2020; Musatenko, 2009). Також беззаперечно важливим аспектом дії PPP на культурні рослини є підвищення стійкості останніх до несприятливих умов довкілля як природного, так і антропогенного характеру (Yavors'ka et al., 2006).

Останнім часом серед регуляторів росту дедалі більш актуальними стають стимулятори, а саме нативні фітогормони, їх синтетичні аналоги та композиційні препарати, які містять збалансований комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин і мікроелементів, що активно включаються в обмін речовин і здатні у невеликих кількостях здійснювати вплив на ключові фізіолого-біохімічні процеси у рослині (Gaveliené et al., 2007; Anishyn et al., 2011; Khodanits'ka & Kuryata, 2014). Специфіка дії регуляторів росту полягає у тому, що вони здатні впливати на процеси, напрямок та інтенсивність яких неможливо скоригувати за допомогою агротехнічних заходів. Досягнення позитивного ефекту від застосування регуляторів росту можливе лише за оптимальної концентрації робочого розчину препарату, оскільки більшість біологічно активних речовин діють як стимулятори у низьких дозах, а у високих – як інгібітори (Kalytka & Yalokha, 2011).

Згідно із сучасним теоретичними уявленнями про механізми функціонування і взаємозв'язки донорно-акцепторної системи у рослині основними фізіолого-біохімічними процесами у рослинному організмі, від яких залежить забезпечення величини продукційного процесу, є інтенсивність процесів фотосинтезу, синтезу і транспорту метаболітів. Активація цих процесів, зокрема продуктивності фотосинтезу, сприяє підвищенню реалізації потенціалу рослин (Zayets' & Kysil', 2019; Vuyna et al., 2018), адже саме фотосинтез є основою біопродуктивності природних екосистем і формування величини врожаю польових культур (Rudnyk-Ivashchenko, 2009).

Перебіг процесу фотосинтезу зумовлюється особливостями фотосинтетичного апарату, який є ключовим показником, що свідчить про реакцію рослин на умови довкілля, зокрема на агротехнічні прийоми вирощування (Pyda et al., 2014). Головною запорукою продуктивної роботи фотосинтетичного апарату є зелені пігменти – хлорофіли *a* і *b*, що є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин і найважливішими компонентами фотосинтетичного апарату (Naviy et al., 2019). Зазначені

пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливе значення у фотохімічних реакціях, пов'язаних із поглинанням енергії сонячного світла та трансформації її в хімічну енергію органічних речовин, тобто є безпосередніми постачальниками енергії для фотосинтезуючих рослин (Shadchyna et al., 2006).

Динаміка вмісту пігментів у рослинному організмі характеризує потенційну потужність фотосинтетичного апарату впродовж вегетаційного періоду, є однією із провідних характеристик фотосинтетичної активності та продукційного процесу сільськогосподарських культур і, як генетично детермінована ознака, може змінюватися залежно від низки умов, у тому числі й агротехнічних заходів, зокрема застосування біологічно активних речовин (Kalytka & Karpenko, 2013; Scheer, 2004; Karpenko & Shutko, 2018; Palamarchuk, 2019; Kurylo et al., 2014).

Важливим показником асиміляційної діяльності посівів сільськогосподарських культур також є чиста продуктивність фотосинтезу, яка характеризує ефективність функціонування асиміляційної поверхні, відображає особливості нагромадження сухої біомаси рослинами та є важливою складовою частиною формування врожаю (Naviy & Pryplavko, 2019).

Дослідженнями з використання регуляторів росту рослин на різних культурах підтверджено позитивний вплив цих препаратів на підвищення показника ЧПФ (Kuryata et al., 2017; Kuryata & Khodanits'ka, 2012; Kuryata & Polyvanuy, 2015).

З огляду на вищенаведене, мета наших досліджень – встановити вплив передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин на формування деяких показників фотосинтетичної продуктивності рослин кукурудзи. Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- дослідити у листках кукурудзи інтенсивність накопичення основних фотосинтетичних пігментів – *a*, *b*, їх суми (*a+b*), каротиноїдів;
- встановити вплив досліджуваних препаратів на відношення *a/b*; (*a+b*)/ каротиноїди;
- з'ясувати дію регуляторів росту рослин на формування величини показника чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи;
- виявити кореляційні зв'язки між показником ЧПФ та вмістом фотосинтетичних пігментів.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів і чистої продуктивності фотосинтезу виконували на рослинах кукурудзи (*Zea mays* L.) гібриду Достаток 300 МВ (селекція Інституту фізіології рослин і генетики НАН України) у польових і лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва впродовж 2018–2020 рр. Насіння кукурудзи за добу до сівби обробляли регуляторами росту рослин Біосил (50 мл/т), Біолан (20 мл/т), Регоплант (200 мл/т) та Зеастимулін (20 мл/т).

Дослід закладали систематичним методом із послідовним розміщенням варіантів у чотириразовому повторенні. Детальну схему досліду наведено у таблиці 1.

Норми регуляторів росту для обробки насіння кукурудзи розраховували, виходячи з норми витрати препаратів на 1 т насіння та потреби у насінні на дослідну ділянку. Обробку насіння виконували за допомогою протруювача ПНШ-3 «Фермер» П. Загальна площа однієї дослідної ділянки становила 32 м<sup>2</sup>, облікова – 20 м<sup>2</sup>.

Ґрунт досліді – чорнозем опідзолений малогумусний важкосуглинковий на лесі із вмістом в орному шарі гумусу 3,5%, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 88 і 132 мг/кг відповідно, азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг, рН<sub>сол</sub> – 6,2, гідролітична кислотність – 2,26 смоль/кг ґрунту (Poltoreskyi, 2017).

Екстрагування пігментів виконували шляхом розтирання наважки листків кукурудзи (100 мг) у фарфоровій ступці в охолодженому 96%-му етанолі у співвідношенні 1:10. Для нейтралізації середовища додавали сліди СаСО<sub>3</sub>. Гомогенат (1 мл) центрифугували за 8 000 об/хв та температури 4°C протягом 5 хв на центрифугі. Отриманий осад промивали етанолом до повного знебарвлення та знову здійснювали центрифугування у попередньому режимі. Отримані екстракти об'єднували у кінцевий сумарний екстракт, що містив суму зелених і жовтих пігментів, і вже у ньому визначали вміст хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів за допомогою спектрофотометра Leki SS1104 за довжини хвилі, яка відповідає максимумам спектра поглинання досліджуваних пігментів у цьому розчиннику. Для хлорофілу *a* в 96 % етанолі максимум поглинання – 665 нм, для хлорофілу *b* – 649 нм. Каротиноїди визначали за довжини хвилі 441 нм. Розчином для порівняння був 96 % етанол (Bessonova, 2006).

Чисту продуктивність фотосинтезу вираховували за формулою: ЧПФ =  $V_2 - V_1 / 0,5(L_1 + L_2) \times n$ , де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> за добу;  $V_1$  і  $V_2$  – суха маса рослин на початку й у кінці облікового періоду, г;  $L_1$ ,  $L_2$  – площа листової поверхні на початку/кінці облікового періоду, м<sup>2</sup>;  $n$  – кількість днів між обліками (Hrytsayenko et al., 2003).

**Результати.** Головними фотосинтезуючими пігментами вищих рослин є хлорофіли *a* та *b*, оскільки продуктивність фотосинтетичного апарату тісно пов'язана з їх вмістом у фотосинтетичних органах, якими є листки рослин, а величина врожаю більше залежить від вмісту

пігментів, ніж від поверхні надземних органів. Роль хлорофілів у рослинному організмі зумовлено тим, що вони є фотосенсибілізаторами – речовинами, які поглинають і передають світлову енергію до реакційних центрів, де й відбуваються фотосинтетичні реакції (Katsan & Potopal's'kuu, 2006).

Нами встановлено, що застосування PPP з метою обробки насіння перед сівбою мало позитивний вплив на вміст фотосинтетичних пігментів у листках кукурудзи.

Зокрема, вміст хлорофілу *a* за обробки насіння кукурудзи перед сівбою Біосилом у середньому за роки досліджень зріс порівняно із контрольним варіантом на 4%, а за дії Біолану – на 6%. Більш ефективним виявилось застосування Регопланту та Зеастимуліну, у цих варіантах досліді вміст хлорофілу *a* порівняно із контролем підвищився відповідно на 13 та 11%.

Схожа тенденція простежувалася і за визначення вмісту хлорофілу *b*. Так, дещо нижча ефективність щодо підвищення вмісту хлорофілу *b* простежувалася за обробки насіння регуляторами росту рослин Біосил і Біолан – у цих варіантах досліді значення такого фотосинтетичного показника підвищилось порівняно з контролем у середньому за роки досліджень відповідно на 6 і 10%, тоді як використання Регопланту та Зеастимуліну мало більш позитивний вплив на вміст вмісту пігменту – перевищення відносно контролю становило відповідно 15 та 13%.

Щодо суми пігментів (*a+b*) у листках кукурудзи, то їх вміст за обробки насіння регуляторами росту перевищував контрольний варіант на 5–13% залежно від виду регулятора росту.

Щодо суми пігментів (*a+b*) у листках кукурудзи, то їх вміст за обробки насіння регуляторами росту перевищував контрольний варіант на 5–13% залежно від виду регулятора росту (табл. 1).

Поряд із зеленими пігментами важливу роль у фотосинтетичних процесах відіграють каротиноїди. Крім збирання й акумуляції світлової енергії, каротиноїди виконують функцію захисту хлорофілів і ліпідів, що входять до складу тилакоїдних мембран, від пошкоджень реактивними формами кисню, які виникають як побічні продукти фотосинтезу внаслідок тривалого збудженого стану хлорофілів, а також попередження виникнення таких станів шляхом розсіювання надлишку енергії збудження (Tyutyayev et al., 2015).

Таблиця 1

**Вміст фотосинтетичних пігментів у листках кукурудзи за дії PPP (фаза викидання волоті, 2018–2020 рр.)**

Варіант досліді	Вміст пігментів, мг/г сирової речовини					
	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Сума хлорофілів ( <i>a+b</i> )	Каротиноїди	<i>a/b</i>	( <i>a+b</i> )/каротиноїди
Контроль (обробка водою)	2,59	0,78	3,37	0,54	3,32	6,15
Біосил, 50 мл/т	2,70	0,83	3,53	0,58	3,25	6,10
Біолан, 20 мл/т	2,75	0,86	3,61	0,59	3,19	6,11
Регоплант 200 мл/т	2,92	0,90	3,82	0,65	3,24	5,70
Зеастимулін 20 мл/т	2,87	0,88	3,75	0,63	3,26	5,95
НІР <sub>05</sub>	0,06	0,02	0,08	0,05	0,05	0,15

У наших дослідженнях вміст каротиноїдів у різних варіантах досліду також різнився і залежав від обробки насіння тим чи іншим регулятором росту. Так, у середньому за роки досліджень за використання Біосилу порівняно із контрольним варіантом вміст каротиноїдів зріс на 7%, а у варіанті досліду із застосуванням Біолану – на 9%. Використання Регопланту сприяло зростанню вмісту до 20% порівняно з контрольним варіантом, що було найвищим показником серед усіх варіантів досліду. Дещо менш ефективним порівняно з Регоплантом виявилось застосування Зеастимуліну, тут вміст каротиноїдів зріс проти контролю на 16% (табл. 1).

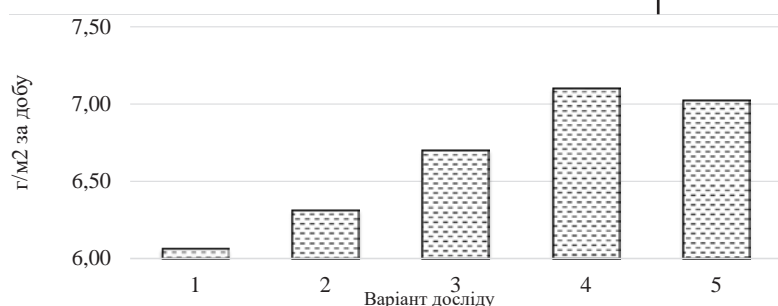
Також важливим фотосинтетичним показником є відношення хлорофілів  $a/b$  та суми хлорофілів  $(a+b)$  до каротиноїдів, що характеризує здатність рослин пристосовуватися до різних умов середовища. Зазвичай відношення хлорофілів  $a/b$  та суми хлорофілів  $(a+b)$  до каротиноїдів є стабільним, але змінюється зі дії несприятливих умов середовища у такій залежності: відношення хлорофілів  $a/b$  зменшується за несприятливих умов, а сума хлорофілів до каротиноїдів – збільшується (Matvuyeva & Kvasko, 2010).

Також є дані, що відношення хлорофілів  $a/b$  може корелювати з ростовими процесами рослин на ранніх стадіях розвитку, впливаючи на потенціал врожайності (Koponen et al., 2015).

Визначення відношення хлорофілів  $a/b$  показало, що у середньому за роки досліджень у дослідних варіантах воно було неістотно нижчим порівняно з контрольним варіантом і коливалось у дослідних варіантах залежно від виду регулятора у межах від 3,19 до 3,25 рази (зниження відносно контролю становило 2–4%) (табл. 1).

Визначення відношення суми хлорофілів  $(a+b)$ /каротиноїди показало, що цей показник у дослідних варіантах знижувався до 5,70–6,11 (до 8%) порівняно з контрольним варіантом, де відношення становило 6,15 рази.

Виходячи з отриманих даних щодо відношення хлорофілів  $a/b$  та суми хлорофілів  $(a+b)$  до каротиноїдів, можна стверджувати, що ці показники свідчать про сприятливі умови, які склалися у варіантах досліду за обробки насіння регуляторами росту рослин, оскільки відношення хлорофілів  $a/b$  порівняно з контрольним варіантом майже не змінювалося, а відношення суми хлорофілів  $(a+b)$  до каротиноїдів проти контрольного варіанту знизилася.



**Рис. 1. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи за дії PPP (фаза викидання волоті, 2018 – 2020 рр.)**

1. Контроль (обробка водою); 2. Біолан 50 мл/т; 3. Біосил 20 мл/т; 4. Регоплант 200 мл/т; 5. Зеастимулін 20 мл/т.

Визначення показника чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) показало, що зміна його величини у дослідних варіантах відбувалася прямо пропорційно до зміни вмісту фотосинтетичних пігментів.

Так, за обробки насіння кукурудзи перед сівбою PPP Біосил (20 мл/т) показник ЧПФ, порівняно з контролем, зріс на 4%, тоді як за використання Біолану (50 мл/т) – на 11%. Більш ефективним стосовно чистої продуктивності фотосинтезу рослин кукурудзи виявилось застосування Регопланту (200 мл/т) та Зеастимуліну (20 мл/т). У цих варіантах досліду показник ЧПФ перевищував результати, отримані у контрольному варіанті, на 17 і 16% відповідно до виду PPP (рис. 1).

Проведений регресійний аналіз виявив тісний кореляційний зв'язок ( $r^2=0,97$ ) між показником ЧПФ вмістом суми хлорофілів  $(a+b)$  у листках кукурудзи, що описується рівнянням регресії:

$$y = 2,477x - 2,3181$$

де  $y$  – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> за добу;  $x$  – вміст суми хлорофілів  $(a+b)$  мг/г сирової речовини (рис. 2).

**Обговорення.** Формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сільськогосподарських культур насамперед залежить від умов, які би сприяли оптимальній фотосинтезуючій діяльності рослин. Одним із головних завдань сучасних технологій вирощування польових культур є забезпечення належного рівня чистої продуктивності фотосинтезу – показника, який відображає нагромадження сухої речовини рослиною за добу і від значення якого прямо залежить величина врожайності культури.

Першочерговий вплив на рівень чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) має пігментний комплекс рослини, а саме вміст хлорофілів  $a$ ,  $b$ , каротиноїдів їх сума та співвідношення, адже саме на ці пігменти припадає функція поглинання та перетворення сонячної енергії, її передача. Розвинений пігментний комплекс є основним чинником біологічної продуктивності рослин. Застосування досліджуваних регуляторів росту рослин (Біолан, Біосил, Регоплант, Зеастимулін) забезпечує надходження до рослин екзогенних стимулюючих речовин, тим самим сприяє активізації нагромадження фотосинтетичних пігментів із їх оптимальним співвідношенням.

Схожі результати досліджень отримано О.І. Буйною зі співавторами (Buyna et al., 2018). За дії рістрегулюючих речовин, зокрема хлормекват-хлориду, достовірно зростала концентрація хлорофілів у листках томатів. Аналогічні зміни у вмісті основного фотосинтетичного пігменту були нами раніше зафіксовані і в інших овочевих культурах.

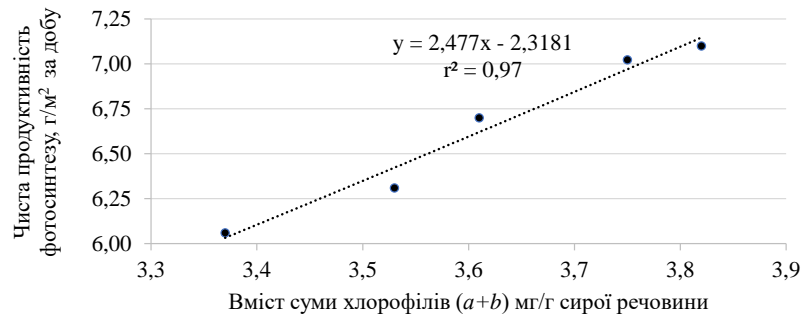
Іншими дослідженнями (Naviy et al., 2019) встановлено, що за застосування біологічних препаратів для передпосівної обробки насіння кукурудзи вміст суми хлорофілів  $(a+b)$  у фазі 3–5 листків у контролі становив 1,28 мг/г сирової речовини, хлорофілу  $a$  – 1,03 мг/г сирової речовини, хлорофілу  $b$  – 0,25 мг/г сирової речовини.

Збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів за їх оптимального співвідношення

у комплексі має позитивний вплив на зростання показника чистої продуктивності рослин кукурудзи, який у варіантах досліду із використанням РРР зростає порівняно із контрольним варіантом до 17%.

Зростання показника ЧПФ за передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин до 6% відзначено також у дослідженнях, виконаних на культурі соризу, що, як і кукурудза, має  $C_4$  шлях фотосинтезу (Karpenko & Shutko, 2018).

**Висновки.** Отже, передпосівна обробка насіння кукурудзи регуляторами росту рослин сприяє більш активному порівняно із контрольним варіантом накопиченню хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів у листках культури. Порівняння застосування різних РРР показало, що серед усіх варіантів досліду найбільший ефективним було використання Регопланту



**Рис. 2. Кореляційна залежність між чистою продуктивністю фотосинтезу та вмістом суми хлорофілів (a+b), 2018–2020 рр.**

(200 мл/т). Дещо нижчу ефективність мало застосування Зеастимуліну (20 мл/т). Прямо пропорційно до зміни вмісту у листках кукурудзи фотосинтетичних пігментів у дослідних варіантах відбувалося і зростання показника ЧПФ.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Rohach, V.V. & Rohach, T.I. (2015). Vplyv syntetychnykh stymulyatoriv rostu na morfofiziologichni kharakterystyky ta biolohichnu produktyvnist' kul'tury kartopli [Influence of synthetic growth stimulators on morphological and physiological characteristics and biological productivity of potato culture]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho universytetu. Biolohiya, ekolohiya*, 23(2), 221–224. (in Ukrainian). doi:10.15421/011532
2. Rohach, V.V., Kiriziy, D.A., Stasyk, O.O. & Rohach T.I. (2020). Morfohenez, fotosyntezy i produktyvnist' baklazhaniv za vplyvu rehulyatoriv rostu z riznymy mekhanizmamy diyi [Morphogenesis, photosynthesis and productivity of eggplants under the influence of growth regulators with various action mechanisms]. *Fiziolohiya roslyn i henetyka*, (2), 152–168. (in Ukrainian). doi.org/10.15407/frg2020.02.152
3. Musatenko, L.I. (2009). Fitohormony i fiziologichno aktyvni rechovyny v rehulyatsiyi rostu i rozvytku Roslyn [Phytohormones and physiologically active substances in the regulation of plant growth and development]. *Fiziolohiya roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku*. Kyiv: Lohos, 508–536. (in Ukrainian)
4. Yavors'ka, V.K., Drahovoz, I.V. & Kryuchkova, L.O. (2006). Rehulatory rostu na osnovi pryrodnoyi syrovyny ta yikh zastosuvannya v roslinnyts'tvi [Growth regulators based on natural raw materials and their use in crop production]. Kyiv: Lohos, 176. (in Ukrainian)
5. Gavelienė, V., Novicienė, L. & Kazlauskienė D. (2007). Effect of auxin physiological analogues on rape growth and reproductive development. *Bot. Lithuan*, 13(2), 101–107.
6. Anishyn, L.A., Ponomarenko, S.P. & Hrytsayenko Z.M. (2011). Rehulatory rostu roslyn. Rekomendatsiyi po zastosuvannyu [Plant growth regulators. Recommendations for use]. Kyiv, 40. (in Ukrainian)
7. Khodanits'ka, O.O. & Kuryata V.H. (2014). Analiz diyi khlormekvatkhlorody na produktsiynny protses l'onu oliynoho sortu Orfey [Analysis of the influence of chlormequat-chloride on production process of oil flax of variety orpheus]. *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu*, (1), 30–33. (in Ukrainian)
8. Kalytko, V.V. & Yalokha, T.M. (2011). Vplyv rehulyatora rostu AKM na produktyvnist' i yakist' nasinnya yachmenyu ozymoho zalezno vid poperednyka v Pivdennomu Stepu Ukrayiny [Effect of growth regulators on AKM productivity and quality of barley seeds depending on winter predecessors in the Southern Steppe Ukraine]. *Ahrobiolohiya: zbirnyk naukovykh prats' BNAU*. 6(86), 166–169. (in Ukrainian)
9. Zayets', S.O. & Kysil', L.B. (2019). Fotosyntetychna diyal'nist' roslyn i vrozhaynist' zerna yachmenyu ozymoho (Hordeum vulgare L.) zalezno vid sortu, strokiv sivyby ta rehulyatoriv rostu [Photosynthetic activity of plants and grain yield of winter barley (Hordeum vulgare L.) Depending on the variety, sowing dates and growth regulators]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya*, 1–2(11), 89–97. (in Ukrainian). doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.10
10. Buyna, O.I., Buyny, O.V., Rohach, V.V. & Kuryata V.H. (2018). Vplyv rehulyatoriv rostu roslyn z protylezhnym napryamkom diyi na morfohenez, lystkovyy aparat ta produktyvnist' tomativ [Influence of plant growth regulators with the reverse effect on morphogenesis, leaf apparatus and productivity of tomatoes]. *Tavriys'kyi naukovy visnyk*. 2018, 1 (100), 14–24. (in Ukrainian)
11. Rudnyk-Ivashchenko, O.I. (2009). Produktyvnist' fotosyntezy v roslin prosa za fazamy yoho rozvytku na riznykh fonakh mineral'nogo zhyvlennya [The productivity of photosynthesis at the plants of millet after the phases of development and mineral feed]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3 (15), 110. (in Ukrainian)
12. Pyda, S.V., Tryhuba, O.V. & Hryhoryuk I.P. (2014). Diya bakterial'nykh preparativ ta rehulyatoriv rostu roslyn na fotosyntetychny aparat lyupynu biloho (lupinus albus L.) [The effect of bacterial preparations and plant growth regulators on photosynthetic apparatus of Lupinus albus L.]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya*, 1–2(6), 12–18. (in Ukrainian)
13. Haviy, V.M., Kuchmenko, O.B. & Tereshchenko O.O. (2019). Vplyv biopreparatu Polimiksobakteryn ta imunoprotektora BAI-SI na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i urozhaynist' kukurudzy [The effect of the biological agent Polymyxobacterin and the BAI-SI immunoprotector on the content of photosynthetic pigments and the yield of corn]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho NUS*, 95(1), 65–75. (in Ukrainian). doi 10.31395/2415-8240-2019-95-1-65-75

14. Stasyk, O.O., Kirizii, D. A., Priadkina, H.O. (2021). Fotosynteza i produktyvnist: osnovni naukovy dosiahnennia ta perspektyvni rozrobky [Photosynthesis and productivity: main scientific achievements and innovative developments]. *Fiziologhiia roslyn i henetyka*, (2), 160–184. doi: <https://doi.org/10.15407/2021.02.160>
15. Kalytka, V.V. & Karpenko K.M. (2013). Vplyv rehulyatora rostu AKM na pihmentnyy kompleks ta fotosyntetychnu produktyvnist' roslyn pomidora [Influence of AKM growth regulator on pigment complex and photosynthetic productivity of tomato plants]. *Naukovyy visnyk NUBiP*, 183(1), 72–77. (in Ukrainian)
16. Scheer, H. (2004). Chlorophylls and carotenoids. *Encyclopedia of Biological Chemistry*, 430–437.
17. Karpenko, V.P. & Shutko, S.S. (2018). Vmist khlorofilu i fotosyntetychna produktyvnist' roslyn soryzu za vykorystannya herbitsydu Pik 75 WG i rehulyatora rostu roslyn Rehoplant [Chlorophyll content and photosynthetic productivity in soriz while applying of Pik 75 WG herbicide and Regoplant plant growth regulator]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho NUS*, 93(1), 23–32. (in Ukrainian). doi: 10.31395/2415-8240-2018-93-1-23-32
18. Palamarchuk, V.D. (2019). Vplyv pozakorenyevykh pidzhyven' na vmist khlorofilu u hibrydiv kukurudzkykh riznykh hrup styhlosti [Root fertilizing influence on the chlorophyll contents in maize hybrids in the different groups of maturity]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo: zb. nauk. pr. VNAU*, 14, 43–53. (in Ukrainian)
19. Kurylo, V., Grygorenko, N.O. & Marchuk O. (2014). Content and ratio of plastid green pigments in sugar sorghum leaves depending on nutrition and herbicides correlation effects. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovyykh buryakiv*, 22, 71–74.
20. Haviy, V.M. & Pryplavko S.O. (2019). Formuvannya asymilyatsiyoho aparatu ozymoyi pshenytsi sortu Yuvivata za diyi syntetychnykh rehulyatoriv rostu [The assembling apparatus formation of the winter wheat sort yuvivat by the effect of synthetic growth regulators]. *Nauk. Zap. Ternop. Nats. Ped. Un-tu. Ser. Biol.*, 1(75), 116–120. (in Ukrainian). doi: 10.25128/2078-2357.19.1.15
21. Kuryata, V.H., Rohach, V.V. & Kushnir O.V. (2017). Morfofiziologichni osoblyvosti formuvannya lystkovoho aparatu pertsyu solodkoho za diyi hiberelinu ta folikuru [Morphological features of leaf apparatus formation of sweet pepper under the influence of giberelin and folicure]. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomorya*, 2 (94), 86–92. (in Ukrainian). doi: 10.31521/2313-092x
22. Kuryata, V.H. & Khodanits'ka, O.O. (2012). Osoblyvosti morfohenezu i produktsiyoho protsesu l'onu-kucheryavtsy za diyi khloromekvatkhloroydu i treptolemu [Features of morphogenesis and production process of flax under the action of chlormequat chloride and treptolem]. *Fyziologhiya y byokhymyya kul't. rastenyi*, 6 (44), 522–528. (in Ukrainian)
23. Kuryata, V.H. & Polyvanyy, S.V. (2015). Potuzhnist' fotosyntetychnoho aparatu ta nasynnyeva produktyvnist' maku oliynoho za diyi retardantu Folikuru [Power of photosynthetic apparatus and seed productivity of oil poppy under the action of Follicur retardant]. *Fyziologhiya rastenyi y henetyka*, 4 (47), 313–320. (in Ukrainian)
24. Poltoretskyi S.P. (2017). Formation of density of seed sowing of millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the term and method of sowing. *Bulletin of Uman NUH*, 1(59), 59–64.
25. Bessonova, V.P. (2006). *Praktykum z fiziologhiyi Roslyn [Workshop on plant physiology]*. Dnipropetrovs'k: RVV DDAU, 316. (in Ukrainian)
26. Hrytsayenko, Z.M., Hrytsayenko, A.O. & Karpenko V.P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen' roslyn i hruntiv [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]*. Kyiv: ZAT «Nichlava», 320. (in Ukrainian)
27. Katsan, V.A. & Potopal's'kyy, A.I. (2006). Zminy spivvidnoshennya vmistu deyakykh pihmentiv fotosyntezy, indukovanii v *Nicotiana tabacum* L. ekzohennymy DNK [Changes in the ratio of some photosynthetic pigments induced in *Nicotiana tabacum* L. by exogenous DNA]. *Ukrayins'kyy biokhimichnyy zhurnal*, 5(78), 70–80. (in Ukrainian)
28. Tyutyayev, E.V., Shutova, V.V., Maksymov, H.V., Radenovykh, Ch.N. & Hrodzynskyy D.M. (2015). Sostoyanye fotosyntetycheskykh pyhmentov v lyst'yakh ynbrednykh lynnyy y hybrydov kukuruzy [The state of photosynthetic pigments in the leaves of inbred lines and maize hybrids.]. *Fyziologhiya rastenyi y henetyka*, 2 (47), 147–159. (in Ukrainian)
29. Matvyeyeva, N.A. & Kvasko O.Yu. (2010). Vmist fotosyntetychnykh pihmentiv v trans-hennykh roslynakh tsykoriyu z henom tuberkul'oznoho antyhena Esat6 [Content of photosynthetic pigments in transgenic chicory plants with Esat6 tuberculosis antigen gene]. *Visnyk Donets'koho natsional'noho universytetu*, 2, 249–253. (in Ukrainian)
30. Kononenko, A.O., Drehval', O.A., Cherevach, N.V., Zhernosyeykova, I.V. & Vinnikov A.I. (2015). Vplyv kompleksnoho mikrobnoho insektytsydu "Baktofunhin-LS" na protsesy zhyttyediyal'nosti roslyn [Influence of microbial insecticide "bactofungin-ls" on nhe vital plants processes]. *Pytannya stepovoho lisoznavstva ta lisovoyi rekul'tyvatsiyi zemel'*, 44, 60–65. (in Ukrainian)

**Zabolotna A. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine

**Zabolotnyi O. I.**, PhD (Agricultural Sciences), Uman National Horticulture University, Uman, Ukraine

**Rozborska L. V.**, PhD (Agricultural Sciences), Uman National Horticulture University, Uman, Ukraine

**Zhilyak I. D.**, PhD (Chemical Sciences), Uman National Horticulture University, Uman, Ukraine

**Datsenko A. A.**, PhD (Agricultural Sciences), Uman National Horticulture University, Uman, Ukraine

**Pigment content and net photosynthetic productivity of maize when using plant growth regulators**

*The article deals with the results of studies on the effect of treatment of maize seeds with the plant growth regulators of natural origin on such parameters of photosynthetic productivity of corn plants as the content of photosynthetic pigments and net productivity of photosynthesis.*

*It was found that the use of pre-sowing treatment of corn seeds with plant growth regulators contributed to the increase in the chlorophyll a and b content, their amount and carotenoid content from 6 to 20 % depending on the pigment and growth regulator. The chlorophyll a/b ratio ranged from 3.19 to 3.25.*

Determination of the chlorophyll a/b ratio showed that over the years of research in the experimental variants it was not significantly lower compared to the control variant and varied in the experimental variants depending on the type of regulator in the range from 3.19 to 3.25 (decrease relative to the control was 2–4%).

Determination of the ratio of the amount of chlorophylls (a+b)/carotenoids showed that this index in the experimental variants decreased to 5.70–6.11 (up to 8%) compared to the control variant, where the ratio was 6.15.

On the basis of the obtained data concerning the ratio of chlorophylls a/b and the amount of chlorophylls (a+b) to carotenoids, we can state that these indices testify to favorable conditions developed in the experimental variants of seed treatment with plant growth regulators, since the chlorophyll a/b ratio compared to the control variant was almost unchanged, and the ratio of the amount of chlorophylls (a+b) to carotenoids decreased against the control variant.

Analysis of the experimental data also showed that the change in the net photosynthetic productivity index in the experimental variants was directly proportional to the change in the content of photosynthetic pigments. Thus, when corn seeds were treated before sowing with the Biosil PGR (20 ml/t), the net photosynthetic productivity index increased by 4% compared to the control, while when using Biolan (50 ml/t) – by 11%. The use of Regoplan (200 ml/t) and Zeastimulin (20 ml/t) appeared to be more effective for net photosynthetic productivity of corn plants. In these experimental variants the NFP index exceeded the results obtained in the control variant by 17 and 16% according to the type of PGR.

The regression analysis revealed a close correlation ( $r^2=0,97$ ) between the NFP index of chlorophyll content (a+b) in maize leaves, which is described by the following regression equation:  $y = 2.477x - 2.3181$ .

**Key words:** maize, regulator, pigments, chlorophyll, carotenoids, ratio, productivity, photosynthesis, correlation.

Дата надходження до редакції: 02.12.2021 р.