

СУСПЕНЗІЯ МІКРОВОДОРОСТІ ЯК СТИМУЛЯТОР СИНТЕЗУ ЛИСТКОВИХ ПІГМЕНТІВ ЩЕПЛЕНИХ САДЖАНЦІВ ВІНОГРАДУ

ЗЕЛЕНЯНСЬКА Н.М. – заступник директора з науково-інноваційної діяльності, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-9303-8686

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

МАНДИЧ О.М. – аспірант
orcid.org/0000-0002-8983-2246

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Для підвищення приживання щеп винограду у шкільці, їх адаптації та виходу щеплених саджанців із шкільки великого значення набуває розвиток фотосинтетичного апарату. Листок винограду є основним органом рослини, який виконує функції транспірації, фотосинтезу, дихання і зберігання асиміляційних речовин. Процеси перетворення енергії поглиненого світла в хімічну енергію органічних речовин відбуваються в зелених пластидах рослин – хлоропластах [1].

Фотосинтетична діяльність є основою продуктивності сільськогосподарських культур і значною мірою залежить від вмісту пігментів у рослинах. Особливе значення мають хлорофіли *a* і *b* – чутливі індикатори фізіологічного стану рослин, які беруть участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату і відіграють важливу роль у фотосинтетичних та фотохімічних реакціях [1, 2]. Кількість і функціональна активність хлорофілів є показником потенційної здатності рослин формувати біологічний урожай [3].

Постійним компонентом фотосинтетичних систем є каротиноїди – поліфункціональні пігменти жовтого, помаранчевого або червоного кольору, які містяться у хромопластах [4].

Як відомо, обробка рослин препаратами, які містять біологічно активні речовини, здатна покращувати показники фотосинтетичної діяльності рослини, зокрема, підвищувати вміст пігментів у тканинах листків. Останнім часом у сільському господарстві великим попитом користуються біостимулятори рослин природного походження. До них належать продукти синтезу рослин, мікроорганізмів, грибів, водоростей, які набули популярності через розповсюдженість, доступність і екологічну безпеку. Відносно нещодавно у широкому виробництві стали застосовувати екстракти мікрободоростей, які за своїми властивостями не поступаються макрободоростям. До таких препаратів можна віднести і суспензію живої водорості *Chlorella vulgaris* Веґер. Вона містить у своєму складі понад 650 збалансованих хімічних елементів, серед яких слід відзначити регулятори росту та розвитку (ауксини і гібереліни, фенольні сполуки, природні стероїди, вітаміни, амінокислоти); активатори клітинного поділу (цитокініни), а також мікроелементи у формі хелатів металів, які проявляють високу біологічну активність у тканинах рослинного організму [5].

Відомо, що використання біологічно активних комп-

лексів біометалів у рослинництві забезпечує: підвищення імунітету рослин, стресостійкості рослин до негативних факторів (нестача вологи, перепади температури, ураженість хворобами та шкідниками), покращення якості продукції [6, 7].

Комплекси германію є імуномодуляторами рослин і беруть активну участь у фізіолого-біохімічних реакціях у рослинних тканинах, у низьких концентраціях вони стимулюють ріст і розвиток рослин. Зацікавленість саме до комплексів германію виник у зв'язку з одержанням ряду комплексних сполук, які характеризуються достатньо широким спектром біологічної активності і низькою токсичністю [6].

Збагачення культуральної рідини мікрободоростей мікроелементом германієм шляхом спрямованого синтезу при їх культивуванні дозволяє отримувати біомасу з більш цінним біохімічним складом. Водорості здатні швидко поглинати германій, перетворюючи його на біологічно доступну форму [8].

На основі отриманої біомаси та екстракту зелених мікрободоростей, збагачених германієм, отримано біопрепарати для підживлення рослин і тварин, біологічно активні добавки для профілактики і лікування різноманітних захворювань, підвищення імунітету. На сьогодні вже є запатентовані композиції, збагачені германієм, які прискорюють ріст рослин і покращують якість ґрунту [9]. Одним з таких препаратів є органічне добриво «Суспензія хлорели», виробником якого є ФГ «У Самвела». Якість продукції затверджено ТОВ «Органік стандарт» для використання в органічному сільському господарстві [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Препарати на основі мікрободоростей стали вивчати відносно нещодавно. У рослинництві хлорелу використовують як високоефективний природний біостимулятор росту та імуномодулятор рослин.

Для тваринництва та птахівництва суспензія живої хлорели є альтернативним джерелом білка, вітамінів та амінокислот.

У бджільництві суспензію живої хлорели застосовують для прискорення нарощування сили і підвищення продуктивності бджолиних сімей, збільшення їх стійкості до інфекційних хвороб та негативних зовнішніх чинників, забезпечення виробництва екологічно чистої та якісної продукції бджільництва.

Водорість застосовують також при очищенні стічних вод, альголізації ставків і збагачення води киснем у рибництві.

Хлорела використовується в якості біологічно активної добавки, так як містить мікро- і макроелементи. У медицині та косметології водорість використовують через значний вміст хлорофілу який має антиоксидантні властивості. За споживчою цінністю вона не поступається тваринному білку, тому активно використовується в системі дотримання здорового способу життя і дієтології [11].

Вітчизняні науковці досліджували вплив біологічно активних речовин, природного походження на вміст фотосинтетичних пігментів у пшениці, кукурудзи, сої. Результати дослідів показали їх стимулюючий ефект на ці показники [3, 12, 13].

У своїх роботах Kots S. Y. et al. (2022), Wang Z. B. et al (2018) досліджували вплив мікроелементів на вміст фотосинтетичних пігментів у тканинах листків сої. Вони показали, що використання нанокарбоксилату германію у складі інокуляційної суспензії призвело до збільшення вмісту хлорофілів у листках сої у фазу цвітіння за оптимального поливу, а також достовірне збільшення вмісту каротиноїдів (порівняно з контрольними рослинами) незалежно від рівня поливу. При цьому нанокарбоксилат германію сприяв накопиченню найбільшої кількості хлорофілу у рослин, вирощених і за умов посухи [14].

Китайські науковці встановили позитивний вплив різних концентрацій GeO_2 (оксид германію (IV)) на роботу фотосинтетичного апарату і антиоксидантних ферментів листків яблуні при інтенсивному освітленні [15].

Рознюк Х. та ін. проводили дослідження впливу суспензії живої хлорели на вміст фотосинтетичних пігментів у листках винограду сорту Сухолиманський білий. Як результат відзначили позитивний вплив *Chlorella vulgaris* S45 на вміст хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів. Обробку кущів проводили суспензією хлорели та хлорели, збагаченої германієм [16].

Отже, короткий літературний огляд показує, що наукових праць по застосуванню суспензії живої хлорели у виноградному розсадництві, а тим більше щодо її впливу на основні фізіолого-біохімічні показники листків щеп, щеплених саджанців винограду, на теперішній час немає.

Мета роботи: встановлення впливу суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Beijer. на накопичення фотосинтетичних пігментів (хлорофіли *a*, *b*, каротиноїди) у тканинах листків щеп та саджанців винограду.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України. Матеріалом для досліджень були щепи та саджанці сортів Аркадія і Каберне Совін'йон, які виготовляли на підщепі Р x Р 101-14.

Для роботи використовували водні розчини суспензії хлорели штаму – *Chlorella vulgaris* Beijer. чистий та збагачений германієм.

Підщепні чубуки вимочували у водних розчинах суспензії живої хлорели протягом 72 годин, прищепні – протягом 18 годин.

Щепи та щеплені саджанці винограду протягом культивування у шкільці трічі (червень – липень – серпень) поливали розчинами суспензії живої хлорели.

Схема досліджень була наступною:

Варіант 1 – Вимочування компонентів щеп у воді (контроль);

Варіант 2 – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. (розведення 1:5);

Варіант 3 – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. + Ge (розведення 1:5);

Варіант 4 – Полив щеп водою (контроль).

Варіант 5 – Полив щеп розчином *Chlorella vulgaris* Beijr. (розведення 1:5);

Варіант 6 – Полив щеп розчином *Chlorella vulgaris* Beijr. (розведення 1:1);

Варіант 7 – Полив щеп розчином *Chlorella vulgaris* Beijr. + Ge (розведення 1:5);

Варіант 8 – Полив щеп розчином *Chlorella vulgaris* Beijr. + Ge (розведення 1:1).

Протягом періоду вегетації щеп у шкільці (червень – вересень) у тканинах листків визначали: вміст хлорофілів *a*, *b*, каротиноїдів (мг/г вологої маси) ацетоновим методом за Т. М. Годневим [18]. Екстрагування пігментів проводили 85 % розчином ацетону з додаванням при гомогенізації незначної кількості CaCO_3 при кімнатній температурі та розсіяному світлі. Вимірювання оптичної щільності екстрагованих розчинів проводили на спектрофотометрі Apel PD-303 при відповідних для кожного пігменту довжинах хвилі в червоній області спектру поглинання (663, 644 та 440,5 нм). Розрахунки вмісту пігментів проводили за рівнянням Реббелена [18].

Результати досліджень. Пігменти рослин утворюють з білками світлозбираючі комплекси (СЗК) і реакційні центри (РЦ), де відбувається перетворення енергії. Основна роль у фотосинтезі належить хлорофілам. Хлорофіл (від грецьких “chloros” – зелений і “phylon” – листок) – зелений пігмент рослинних клітин. Найважливішими для рослин є хлорофіли *a* і *b*.

Хлорофіл *a* ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$) – синьо-зелений з молекулярною масою 893 – знаходиться у всіх фотосинтезуючих організмах, за винятком фотосинтезуючих бактерій. За хімічною природою – складний ефір дикарбонової хлорофілінової кислоти, який отримують етерифікацією карбоксильних груп двома спиртами – метиловим і фітолом [4]. Він є сенсibilізатором хімічних реакцій. Молекула пігменту здатна виконувати три важливі функції: вибірково поглинати енергію світла; запасати її у вигляді енергії електронного збудження; фотохімічно перетворювати енергію збудженого стану електронів у хімічну енергію фотовідновлених і фотокислених станів. За участю хімічної енергії відбувається розщеплення води з наступним вивільненням кисню і відновлення вуглекислого газу до вуглеводів, які є джерелом енергії.

Результати наших досліджень по визначенню вмісту хлорофіл *a* у тканинах листків щеп, саджанців винограду (компоненти для виготовлення яких вимочували

у суспензії живої хлорели) показали, що такий технологічний прийом сприяв збільшенню вмісту цього хлорофілу, особливо після застосування *Chlorella vulgaris* Bejer. розведення 1:5 (рис. 1).

Вміст хлорофілу *a* у тканинах листків контрольних саджанців винограду, у середньому по сортах, дорівнював 1,002 мг/г вологої маси. У тканинах листків дослідних саджанців винограду (варіант 2) вміст хлорофілу *a* був у межах 0,813 – 1,654 мг/г вологої маси, і перевищував контрольний показник на 34,5 %. Після вимочування компонентів щеп винограду у розчині суспензії живої хлорели, що містила германій (варіант 3), вміст хлорофілу *a* в тканинах був більшим за контроль на 28,5 %.

Після поливу щеп, щеплених саджанців винограду у шкільці відкритого ґрунту, протягом періоду вегетації, розчинами суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Bejer. та *Chlorella vulgaris* Bejer.+ Ge розведення 1:5 і 1:1 також було відзначено активацію синтезу хлорофілу *a*. Найкращі результати були отримані після застосування для поливу суспензії *Chlorella vulgaris* Bejer., збагаченої германієм у розведенні 1:5. Так, вміст хлорофілу *a* був у межах 1,043 – 1,897 мг/г вологої маси, і перевищував контроль на 57,5 % (у середньому по сортах).

Застосування суспензії *Chlorella vulgaris* Bejer. + Ge у розведенні 1:1 дало результати, відмінні від контролю, але вони були меншими, ніж після застосування розчину розведення 1:5. Так, вміст хлорофілу *a* (у цьому варіанті) перевищував контроль на 49,0 %.

Зелено-жовтий хлорофіл *b* ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) з молекулярною масою 907 складає приблизно третю частину загального вмісту хлорофілу у вищих рослин і зелених водоростей, однак відсутній у всіх інших водоростей і бактерій.

Хлорофіл *b* є допоміжним пігментом фотосинтезу і входить до складу світлуловлюваних комплексів

фотосистеми II. Пігмент-білкові комплекси – так звані «антени», – забезпечують уловлювання фотонів хвиль, які лежать поза зоною поглинання хлорофілу *a*, і передачу енергії збудження до реакційних центрів [19]. Хлорофіл *b* відрізняється від хлорофілу *a* наявністю формільного радикалу в положенні 7-го хлорінового кільця [20].

Результати наших досліджень по визначенню вмісту хлорофілу *b* у тканинах листків щеп, саджанців винограду (компоненти для виготовлення яких вимочували у суспензії живої хлорели) показали, що такий технологічний прийом сприяв збільшенню вмісту цього хлорофілу, і особливо після застосування суспензії *Chlorella vulgaris* Bejer. розведення 1:5 (рис. 2).

Вміст хлорофілу *b* в контрольному варіанті, у середньому по сортах, складав 0,33 мг/г вологої маси. У тканинах листків дослідних саджанців винограду, які вимочували в суспензії живої *Chlorella vulgaris* Bejer., розведення 1:5, його вміст збільшувався на 30,0 %.

Вимочування компонентів щеп у розчині суспензії живої хлорели, яка містила германій, також сприяло підвищенню вмісту хлорофілу *b* у тканинах листків щеплених саджанців. Вміст цього пігменту був більшим за контрольні значення на 21,8 %, але на 8,2 % меншим, ніж у рослин після вимочування у розчині суспензії живої хлорели чистого штаму.

Інтенсифікацію синтезу хлорофілу *b* також відзначили після поливу щеплених саджанців винограду (протягом вирощування в шкільці) розчинами суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Bejer. та *Chlorella vulgaris* Bejer. + Ge розведенням 1:5 і 1:1. Найкращі результати були отримані після застосування для поливу суспензії *Chlorella vulgaris* Bejer., збагаченої германієм, у розведенні 1:5. Вміст хлорофілу *b* був у межах 0,371–0,527 мг/г вологої маси, і перевищував контроль на 60,9 %. Застосування суспензії *Chlorella vulgaris* Bejer. + Ge у розведенні 1:1 дало результати, відмінні

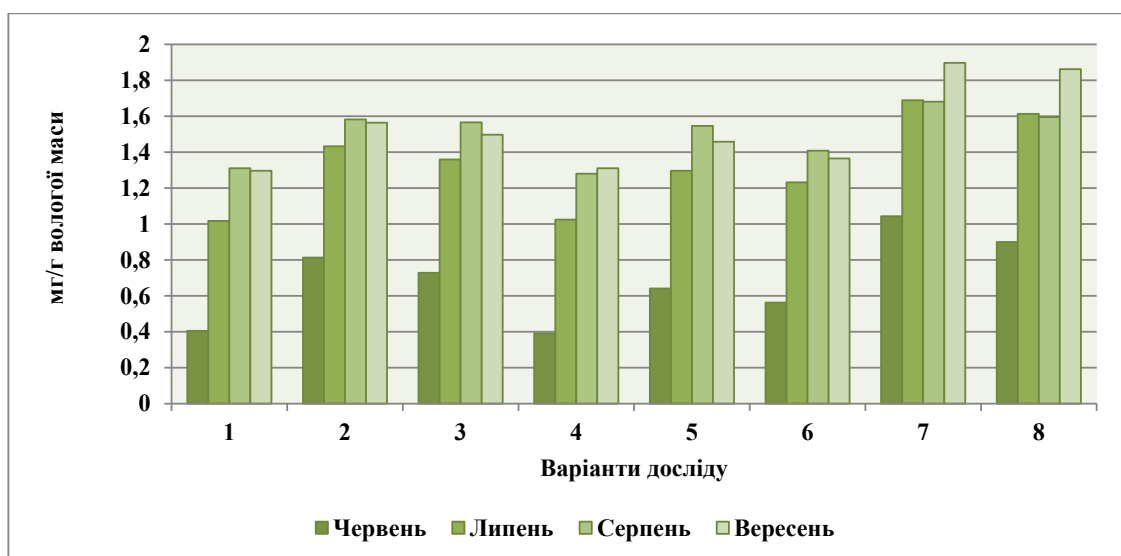


Рис. 1. Вплив суспензії живої хлорели на накопичення хлорофілу *a* у листках щеп та саджанців винограду (середнє за сортами)

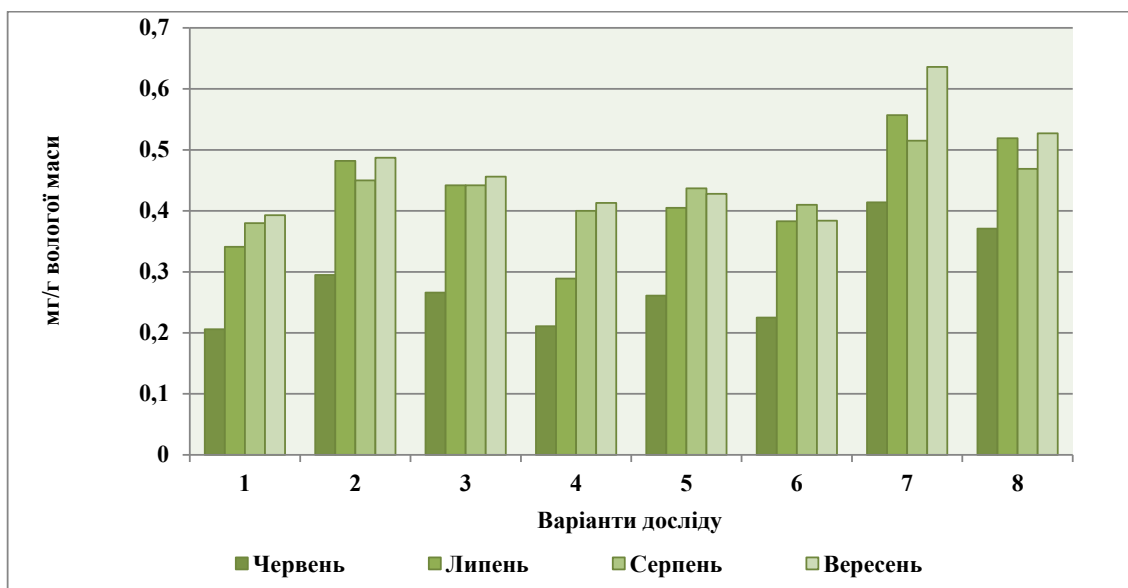


Рис. 2. Вплив суспензії живої хлорели на накопичення хлорофілу *b* у листках щеп та саджанців винограду (середнє за сортами)

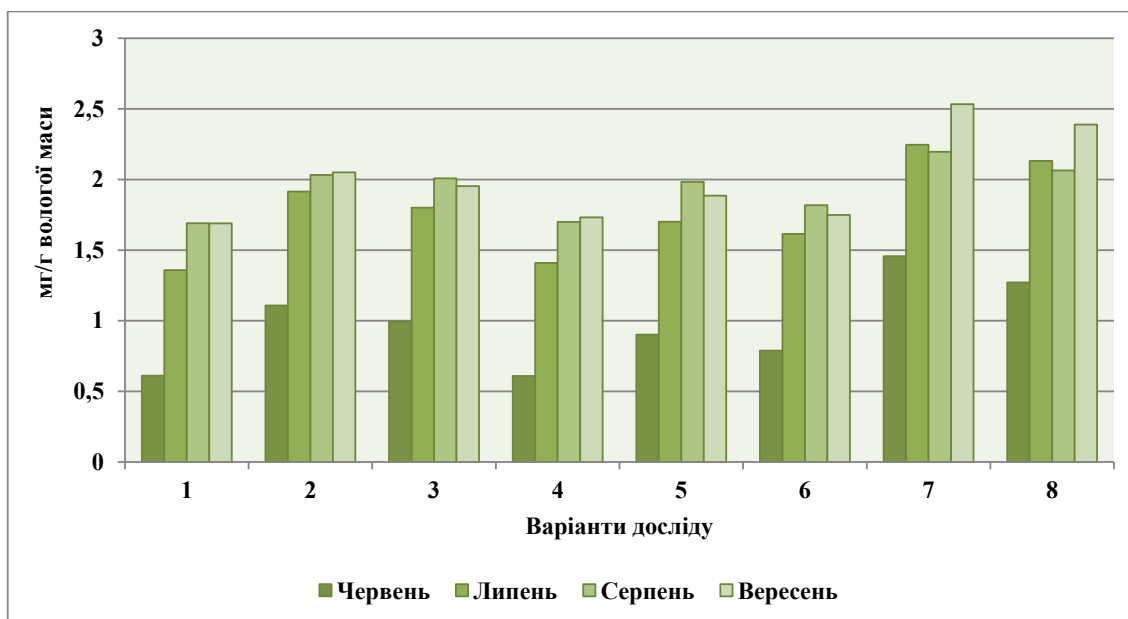


Рис. 3. Вплив суспензії живої хлорели на показник суми хлорофілів (*a* + *b*) у листках щеп і саджанців винограду (середнє за сортами)

від контролю, але вони були меншими, ніж після застосування розчину розведення 1:5.

Сума хлорофілів *a*+*b* у рослинах є важливим фізіологічним показником, який характеризує потенційну потужність фотосинтетичного апарату, реакцію рослин на дію стресових факторів і має високий ступінь кореляції з урожайністю культури [21]. Тому отримані результати можуть стати передумовою збільшення врожайності.

Загальний вміст хлорофілу в рослинах складає 0,6 – 1,2 % сухої речовини. Кількість хлорофілу в рослині змі-

нюється в процесі вегетації, поступово зростаючи до фази цвітіння і зменшуючись від цвітіння до кінця вегетації [10].

Результати визначення цього показника в наших дослідженнях показали, що найбільший вміст фотосинтетичних пігментів у листках щеплених саджанців винограду був після використання суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Beijer. розведення 1:5 на етапі вимочування компонентів щеп (рис. 3).

Так, у листках рослин контрольних варіантів сума хлорофілів дорівнювала 1,337 мг/г вологої маси. Після

застосування суспензії живої хлорели вказаного розведення, сума хлорофілів $a + b$ збільшувалась на 32,9 %. Після застосування суспензії живої хлорели розведення 1:5, збагаченої германієм, сума хлорофілів $a + b$ переважала контрольний показник на 26,3 %.

Застосування суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Веїєр., збагаченої германієм розведення 1:5 (варіант 7) для поливу щеп та саджанців у шкільці також сприяло інтенсивному накопиченню хлорофілів у тканинах листків щеп і саджанців винограду. Сума хлорофілів $a + b$ у листках рослин цих варіантів дорівнювала 1,457 – 2,553 мг/г вологої маси, і перевищувала контрольні значення, у середньому по сортах, на 57,7 %. Після поливу щеплених саджанців винограду розчином суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Веїєр. + Ge розведення 1:1 даний показник збільшувався (порівняно з контролем) на 46,9 %, але порівняно з застосуванням суспензії розведення 1:5 ці результати були нижчими.

Каротиноїди – обов'язкові компоненти пігментних систем усіх фотосинтезуючих організмів. Основні функції, які вони виконують це: участь у поглинанні світла в якості додаткових пігментів; захист молекули хлорофілу від незворотнього фотоокислення. Можливо приймають участь у кисневому обміні при фотосинтезі. У модельних дослідках показана висока ефективність переносу енергії світла від каротиноїдів до хлорофілу. Вони поглинають енергію, якої найбільше (480–530 нм) в сумарному спектрі сонячної радіації. Цілим рядом експериментів (біохімічними у пробірках, і на безкаротиноїдних мутантах) доведена захисна роль каротиноїдів. Вони захищають молекули хлорофілів від руйнування (окислення).

До каротиноїдів належать три групи сполук: оранжеві чи червоні каротиноїди ($C_{40}H_{56}$); жовті ксантофіли ($C_{40}H_{56}O_2$); каротиноїдні кислоти – продукти окислення каротиноїдів. Каротиноїди за походженням – тетратерпени і тетратерпеноїди. Основні каротиноїди вищих

рослин і водоростей – β -каротин, лютеїн, віолаксантин, неоксантин [4, 19].

Результати наших досліджень по визначенню впливу *Chlorella vulgaris* Веїєр. на різних технологічних етапах вирощування щеплених саджанців винограду показали, що найбільший їх вміст був у листках рослин після використання суспензії розведення 1:5 для вимочування компонентів щеп (варіант 2) (рис. 4).

Так, у листках рослин контрольних варіантів вміст каротиноїдів дорівнював 0,559 мг/г вологої маси. Після застосування суспензії живої хлорели вказаного розведення їх вміст збільшувався на 34,5%. Після застосування суспензії живої хлорели, збагаченої германієм, розведення 1:5, вміст каротиноїдів знаходився у межах 0,392 – 0,819 мг/г вологої маси, і переважав контрольні значення на 23,3 %.

Застосування суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Веїєр, збагаченої германієм розведення 1:5 (варіант 6) для поливу щеп та саджанців у шкільці сприяло інтенсивному накопиченню каротиноїдів у тканинах листків щеп і саджанців винограду. Вміст каротиноїдів дорівнював 0,59 – 0,926 мг/г вологої маси, і перевищував контрольні значення на 51,2 %. Після застосування для поливу щеплених саджанців винограду розчину *Chlorella vulgaris* Веїєр. + Ge розведення 1:1 вміст каротиноїдів був більшим за контроль на 41,3 %, але порівняно з варіантами, де застосовували аналогічний розчин суспензії, але розведення 1:5 ці результати були меншими.

Висновки. Результати експериментальних досліджень показали, що суспензія живої водорості *Chlorella vulgaris* Веїєр. загалом позитивно впливає на накопичення фотосинтетичних пігментів у тканинах листків щеп і щеплених саджанців винограду. Її доцільно застосовувати для вимочування компонентів щеп та поливу щеп і саджанців у шкільці протягом вегетації (на вибір). Після застосування на технологічному етапі вимочу-

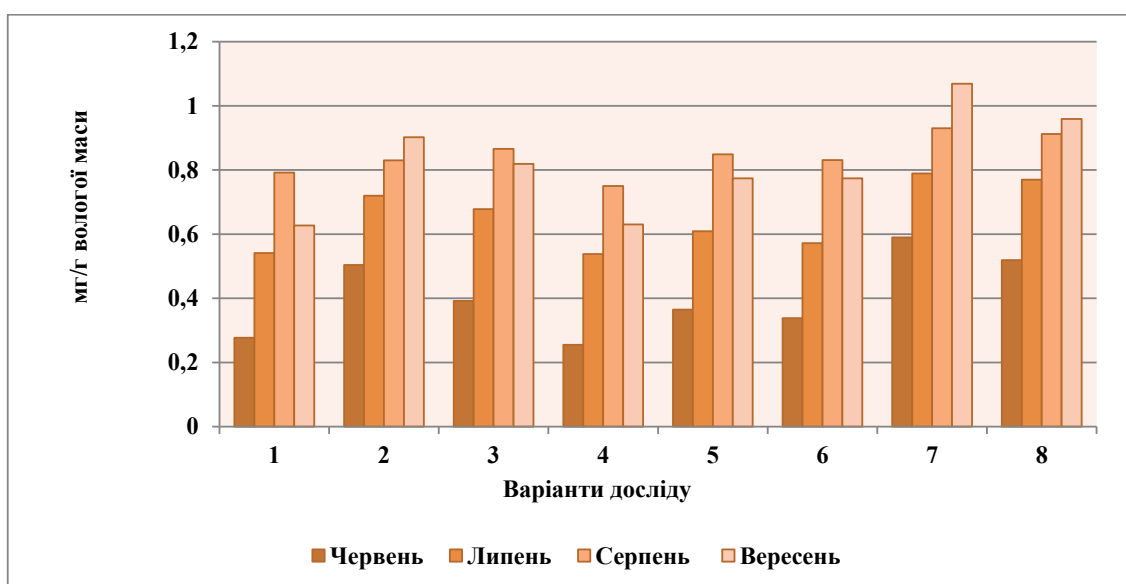


Рис. 4. Вплив суспензії живої хлорели на накопичення каротиноїдів у листках щеп та саджанців винограду (середнє за сортами)

вання компонентів щеп винограду найбільш інтенсивний синтез пігментів у листках рослин відбувався за використання водного розчину *Chlorella vulgaris* Beijer. розведення 1:5, після застосування на технологічному етапі вирощування рослин у шкільці (полив) – за використання водного розчину *Chlorella vulgaris* Beijer., збагаченої германієм, розведення 1:5.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наук. думка, 1973. 591 с
2. Лебедева Т. С., Сытник К. М. Пигменты растительного мира. Киев: Наук. думка, 1986. 87 с.
3. Мальцева Н. М., Гаєвський А. П., Дерев'янюк К. Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43, № 5. С. 403–411.
4. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. *Фізіологія рослин: підручник / За редакцією професора М. М. Макрушина*. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
5. Бобровська А. А. Вплив біостимулятора – суспензії хлорели на показники продуктивності суниці садової в умовах Півдня України: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»: 203. Одеса: ОДАУ. 2021. 92 с.
6. Песарогло О. Г., Балан Г. О., Неллій Л. В., Пожарицький О. П. Дослідження фунгіцидної та імунomodуючої активності комплексів германію та кобальту на озимій пшениці. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. Вип. 88. С. 91-98.
7. Шаров С. В., Кудряшова Н. В., Никольский В. М., Горелов И. П. Регуляторы роста и развития растений на основе экологически чистых комплексов : тез. докл. IV Междунар. конф. по экологической химии. Кишинёв. 2005. С. 59.
8. Рудик В. Ф., Бульмага П. П., Максакова С. В. Оптимизация состава питательной среды для культивирования *Spirulina platensis* Geitl (*Cyanophyta*) методом математического планирования эксперимента. *Альгология*. 2008. Т. 18, № 3. С. 337-346.
9. Лукевиц Э. Я., Гар Т. К., Игнатович Л. М., Миронов В. Ф. Биологическая активность соединений германия. Рига: Знание. 1990. 191 с.
10. Суспензія хлорели. Технічні умови. ТУ У 03.0-37613791-001:2017. Дата надання чинності з 24.04.2017 р. Чинні до 24.04.2027 р.; Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи на ТУ У 20.4-376113791-002:2018. Протокол експертизи № 25693 від 26.10.2018. Державна установа «Інститут медицини праці ім. Ю. І. Кундієва» Національної академії медичних наук України.; Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи ТУ У 20.4-376113791-003:2018. Протокол експертизи № 1201 від 30.07.2018. Державна установа «Інститут медицини праці ім. Ю. І. Кундієва» Національної академії медичних наук України.
11. Шарило Ю. Є., Деренько О. О., Дюдяєва О. А. Використання водоростей виду *Chlorophyta* як біологічний метод очищення водойм. *Водні біоресурси і аквакультура*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2020. С. 88-102.
12. Заболотний О. І., Розборська Л. В., Жилик І. Д., Даценко А. А. Вміст пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи за використання регуляторів росту рослин. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Вип. 4, № 46. С. 9-15.
13. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Вміст хлорофілу в листках рослин та урожайність сої за внесення хелатних мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2019. № 105. С. 34-38.
14. Kots S. Y., Rybachenko L. I., Khrapova A. V. et al. Composition of pigment complex in leaves of soybean plants, inoculated by *Bradyrhizobium japonicum*, subject to metal nanocarboxylates and various-levels of water supply. *Biosystems Diversity*. 2022. Vol. 30, № 1. С. 80-87. doi:10.15421/012208.
15. Wang Z. B., Wang Y. F., Zhao J. J. et al. Effects of GeO₂ on chlorophyll fluorescence and antioxidant enzymes in apple leaves under strong light. *Photosynthetica*. 2018. Vol. 56. P. 1081–1092. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0807-7>
16. Hajnal-Jafari T., Seman V., Stamenov D., Đurić S. Effect of *Chlorella vulgaris* on Growth and Photosynthetic Pigment Content in Swiss Chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*). *Polish journal of microbiology*. 2020. Vol. 69, № 2. С. 1–4. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-023>
17. Рознюк Х. *Фізіолого-біохімічні та агробіологічні показники рослин винограду за обробки препаратом хлорели : дипломна робота на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»*. Одеса, 2019. 55 с.
18. Шерер В. А., Зеленянская Н. Н. Особенности виноградногo растения и методы оценки показателей органов и тканей: научно-методическое пособие. Одесса: ННЦ «ИВВиВ им. В. Е. Таирова», 2011. 114 с.
19. Фекета І. Ю. *Фізіологія рослин. Методичні вказівки з дисципліни фізіологія рослин для студентів спеціальності 6.130400 – лісове господарство*. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2011. 56 с.
20. Boardman N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual review of plant physiology*. 1977. Vol. 28, № 1. P. 355-377.
21. Ничипорович А. Фотосинтез и рост в эволюции растений и в их продуктивности. *Физиология растений*. 1980. Т. 27, № 5. С. 917–941.

REFERENCES:

1. Hrodzynskiy, A., & Hrodzynskiy, D. (1973). *Kratkyi spravochnyk po fyziolohyyi rastenyi* [Quick Reference Guide on Plant Physiology]. Naukova dumka [in Russian].
2. Lebedeva, T. & Sytnyk, K. (1986). *Pyhmenty rastytelnoho myra* [Plant Pigments]. Naukova dumka [in Russian].
3. Maltseva, N., Haievskiy, A. P., & Derevianko, K. Yu. (2011). *Vplyv biolohichno rechovyn ta yikh kompozytsii na vmist fotosyntetychnykh pigmentiv u lystkakh ozymoi pshenytsi v umovakh defitsytu fosforu* [The effect of biologically active substances and their compositions on the content of photosynthetic pigments in winter wheat leaves under conditions of phosphorus deficiency]. *Fyziolohyia y byokhymyia kulturnykh ras-*

- tenyi. 2011. Т. 43, № 5. С. 403–411, 43(5), 403–411 [in Ukrainian].
4. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M., Peterson, N. V., & Melnykov, M. M. (2006). Fiziologhiia roslyn: pidruchnyk (M. M. Makrushyn, Red.) [Plant Physiology: Handbook]. Nova knyha [in Ukrainian].
 5. Bobrovska, A. A. (2021). Vplyv biostymuliatora – suspensii khlorely na pokaznyky produktyvnosti sunytsi sadovoi v umovakh Pivdnia Ukrainy [Neopubl. kvalifikatsiina robota na zdobuttia osvithnoho stupenia «Mahistr»] [The effect of chlorella suspension as biostimulant on productivity indicators of garden strawberries in the conditions of the South of Ukraine: qualification work for obtaining the educational degree "Master"]. Odesa: ODAU [in Ukrainian].
 6. Piesarohlo, O., Balan, H. O., Neplii, L. V., & Pozharytskyi, O. P. (2018). Doslidzhennia funhitsydnnoi ta imunomoduliuchoi aktyvnosti kompleksiv hermaniiu ta kobaltu na ozymii pshenytsi [Study of fungicidal and immunomodulatory activity of Germanium and Cobalt complexes on winter wheat]. *Ahramyi visnyk Prychornomoria*, (88), 91–98 [in Ukrainian].
 7. Sharov, S., Kudriashova, N., Nykolskyi, V. M., & Horelov, Y. P. (2005). Rehulatory rosta y rozvytyia rastenyi na osnove ekolohychesky chystykh kompleksov [Regulators of growth and development of plants based on ecologically clean complexes: *thesis. acc. IV International conf. in environmental chemistry*]. 59 p [in Russian].
 8. Rudyk, V. F., Balmaha, P., & Maksakova, S. (2008). Optymyzatsiia sostava pytatelnoi sredy dlia kulturyrovanyia *Spirulina platensis* Geitl (*Cyanophyta*) metodom matematycheskoho planyrovanyia eksperymenta [Optimizing the composition of the nutrient medium for the cultivation of *Spirulina platensis* Geitl (*Cyanophyta*) by the method of mathematical planning of the experiment]. *Alholohyia*, 18(3), 337–346 [in Russian].
 9. Lukevyts, E. Ya., Har, T.K., Yhnatovych, T. M., & Myronov, V. F. (1990). Byolohycheskaia aktyvnost soedynenyi hermaniyia [Biological activity of Germanium compounds]. *Znanye* [in Russian].
 10. Derzhavna ustanova «Instytut medytsyny pratsi im. Yu.I. Kundiieva» Natsionalnoi akademii medychnykh nauk Ukrainy. (б. д.). *Suspensiiia khlorely. Tekhnichni umovy* (TU U 03.0-37613791-001:2017).
 11. Sharylo, Yu. E., Derenko, O. O., & Diudiaieva, O. A. (2020). Vykorystannia vodorostei vydu *Chlorophyta* yak biolohichniy metod ochyshchennia vodoim [The use of algae of the *Chlorophyta* species as a biological method of cleaning water basins]. *Vodni bioresursy i akvakultura*, 88–102 [in Ukrainian].
 12. Zabolotnyi, O. I., Rozborska, L. V., Zhyliak, I. D., & Datsenko, A. (2021). Vmist pihmentiv i chysta produktyvnist fotosyntezy kukurudzy za vykorystannia rehuliatoriv rostu roslyn [Pigment content and net photosynthetic productivity of maize using plant growth regulators]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Ahronomiia i biolohiia»*, 4(46), 9–15 [in Ukrainian].
 13. Hadzovskiy, H. L., Novytska, N. V., & Martynov, O. M. (2019). Vmist khlorofilu v lystkakh roslyn ta urozhainist soi za vnesennia khelatnykh mikrodobryv [Chlorophyll content in plant leaves and yield of soybeans after application of chelated microfertilizers]. *Tavriiskiyi naukoviyi visnyk*, (105), 34–38 [in Ukrainian].
 14. Kots, S. Y., Rybachenko, L. I., & Khrapova A. V. et al (2022). Composition of pigment complex in leaves of soybean plants, inoculated by *Bradyrhizobium japonicum*, subject to metal nanocarboxylates and various-levels of water supply. *Biosystems Diversity*, 30(1), 80–87.
 15. Wang, Z., Wang, Y., & Zhao, J. e. a. (2018). Effects of GeO₂ on chlorophyll fluorescence and antioxidant enzymes in apple leaves under strong light. *Photosynthetica*, 56, 1081–1092.
 16. Hajnal-Jafari, T., Seman, V., Stamenov, D., & Đurić, S. (2020). Effect of *Chlorella vulgaris* on Growth and Photosynthetic Pigment Content in Swiss Chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*). *Polish journal of microbiology*, 69(2), 1–4.
 17. Rozniuk, Kh. (2019). Fizioloho-biokhimichni ta ahrobiolohichni pokaznyky roslyn vynohradu za obrobky preparatom khlorely [Physiological, biochemical and acrobiological indicators of grape plants after treatment with chlorella][Neopubl. dyplomna robota na zdobuttia stupenia vyshchoi osvity «mahistr»]. Odesa. 55 p [in Ukrainian].
 18. Sherer, V. A., & Zelenianskaia, N. N. (2011). Osobennosti vynohradnoho rastenyia y metody otsenky pokazatelei orhanov y tkanei: nauchno-metodycheskoe posobyie [Peculiarities of the grape plant and methods of evaluating indicators of organs and tissues: a scientific and methodological manual]. NNTs «YViV im. V. E. Tayrova» [in Russian].
 19. Feketa, I. (2011). Fiziolohiia roslyn. Metodychni vkazivky z dystsypliny fiziolohiia roslyn dlia studentiv spetsialnosti 6.130400 – lisove hospodarstvo [Methodological guidelines for the discipline of plant physiology for students of the specialty 6.130400 – Forestry]. Vydavnytstvo UzhNU «Hoverla» [in Ukrainian].
 20. Boardman, N. K. (1977). Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Plant. Annual review of plant physiology*, 28(1), 355–377/
 21. Nychyporovych, A. (1980). Fotosyntezy y rost v evoliutsiyi rastenyi y v yikh produktyvnosti [Photosynthesis and growth in the evolution of plants and their productivity]. *Fyzyolohyia rastenyi*, 27(5), 917–941 [in Russian].
- Зеленянська Н.М., Мандич О.М. Суспензія мікроводорості як стимулятор синтезу листкових пігментів щеплених саджанців винограду**
Мета. Встановлення впливу суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Веєр. на накопичення фотосинтетичних пігментів (хлорофіли *a*, *b*, каротиноїди) у тканинах листків щеп та саджанців винограду.
Методи. Дослідження проводили протягом 2019 – 2022 рр. у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України. Матеріалом для досліджень були щепи та саджанці сортів Аркадія, Каберне Совін'йон, які виготовляли на підщепі Р х Р 101-14. Для роботи використовували водні розчини суспензії живої хлорели – *Chlorella vulgaris* Веєр. чистий та збагачений германієм. Їх використовували для вимочування компонентів щеп та для поливу щеп і саджанців винограду в шкілці.
Результати. Інтенсивний синтез листкових пігментів щеп і саджанців винограду відбувався після застосу-

вання водного розчину суспензії живої хлорели *Chlorella vulgaris* Beijer. розведення 1:5 для вимочування компонентів щеп. У середньому за сортами, у рослин цього варіанту вміст хлорофілу *a* перевищував контрольний показник на 34,5 %, вміст хлорофілу *b* – на 30,0 %, вміст каротиноїдів – на 34,5 %. Після застосування суспензії живої хлорели для поливу щеп і саджанців у шкільці, більш ефективним, з точки зору впливу на синтез листових пігментів, був штам *Chlorella vulgaris* Beijer., збагачений германієм розведення 1:5. Порівняно з контролем рослин цих варіантів за показником суми хлорофілів переважали контроль на 57,7 %, за вмістом каротиноїдів – на 51,2 %.

Висновки. Результати експериментальних досліджень показали, що суспензія живої водорості *Chlorella vulgaris* Beijer. загалом позитивно впливає на накопичення фотосинтетичних пігментів у тканинах листків щеп і щеплених саджанців винограду. Її доцільно застосовувати для вимочування компонентів щеп та поливу щеп і саджанців у шкільці протягом вегетації (на вибір). Після застосування на технологічному етапі вимочування компонентів щеп винограду найбільш інтенсивний синтез пігментів у листках рослин відбувався за використання водного розчину *Chlorella vulgaris* Beijer. розведення 1:5, після застосування на технологічному етапі вирощування рослин у шкільці (полив) – за використання водного розчину *Chlorella vulgaris* Beijer., збагаченої германієм, розведення 1:5.

Ключові слова: *Chlorella vulgaris* Beijer., хлорофіл *a*, хлорофіл *b*, каротиноїди, сума хлорофілів *a*+ *b*.

Zelenianska N.M., Mandych O.M. Microalgae suspension as a stimulator of the synthesis of leaf pigments of grafted grape seedlings

Purpose. Determination of the effect of the suspension of live *Chlorella vulgaris* Beijer. on the accumulation of photosynthetic pigments (chlorophylls *a*, *b*, carotenoids) in the tissues of leaves of grafts and grape grafted cuttings.

Methods. The research was carried out during 2019–2022 in the Department of Nursery, Reproduction and Biotechnology of Grapes, National Scientific Centre

«V.Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking» National Academy of Sciences of Ukraine. The research material were grafts and grafted cuttings of the Arcadia, Cabernet Sauvignon varieties, which were grafted on the rootstock R x R 101-14. Aqueous solutions of live *Chlorella vulgaris* Beijer. suspension were used for work. They were pure and enriched with germanium. Aqueous solutions were used for soaking components of scions and for watering grafts and grape grafted cuttings in the nursery.

Results. Intensive synthesis of leaf pigments of grafts and seedlings of grapes occurred after the application of an aqueous solution of a suspension of live chlorella *Chlorella vulgaris* Beijer. 1:5 dilution for soaking graft components. On average, by varieties, in plants of this variant, the content of chlorophyll *a* exceeded the reference indicator by 34,5 %, the content of chlorophyll *b* – by 30 %, the content of carotenoids – by 34,5 %. After using a live chlorella suspension for watering grafts and grape grafted cuttings in the nursery, the strain *Chlorella vulgaris* Beijer., enriched with germanium at a dilution of 1:5, was more effective in terms of its effect on the synthesis of leaf pigments. Compared to the control, the plants of these variants were superior to the control in terms of the amount of chlorophylls by 57,7%, in the content of carotenoids – by 51,2 %.

Conclusions. The results of experimental studies showed that the suspension of live algae *Chlorella vulgaris* Beijer. in general, has a positive effect on the accumulation of photosynthetic pigments in the tissues of the leaves of grafts and grafted grape cuttings. It is advisable to use it for soaking components of scions and watering scions and seedlings in the nursery during the growing season (optional). After the application at the technological stage of soaking the components of grape cuttings, the most intensive synthesis of pigments in plant leaves occurred when using an aqueous solution of *Chlorella vulgaris* Beijer. dilution 1:5, after application at the technological stage of growing plants in a greenhouse (watering) – using an aqueous solution of *Chlorella vulgaris* Beijer., enriched with germanium, dilution 1:5.

Key words: *Chlorella vulgaris* Beijer., chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, sum of chlorophyll *a*+ *b*.