

<https://doi.org/10.15407/frg2019.02.133>

УДК 581.143.2:581.43:581.2:633.31/.37+632.9:579.64

ФІТОГОРМОНАЛЬНИЙ СТАТУС І ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ РОСЛИН М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

В.П. ПАТИКА¹, Г.Б. ГУЛЯЄВА¹, М.М. БОГДАН¹, І.П. ТОКОВЕНКО¹,
Л.А. ПАСІЧНИК¹, М.В. ПАТИКА², В.І. МАКСІН², В.Г. КАПЛУНЕНКО²

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України

03143, Київ, вул. Академіка Заболотного, 154

email: ab_k@ukr.net

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, Київ, вул. Героїв Оборони, 15

У польових умовах встановлено, що за передпосівної обробки насіння ярої пшениці 1 %-ми розчинами препаратів мікроелементів, отриманих за допомогою нанотехнологій, Ag+Cu та Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg (аватар-1) і I+Se, та внесення у ґрунт консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів (екстракон) змінювалось співвідношення фітогормонів ІОК/АБК за збільшення вмісту АБК у листках порівняно з контрольними рослинами у варіантах з инокуляцією у ґрунт біопрепарату (БП) екстракон (фази ВВСН 31 і 47) та за позакореневої обробки 1 %-ми розчинами Ag+Cu (фази ВВСН 31—54) й I+Se (ВВСН 54). Виявлено, що передпосівна обробка насіння ярої пшениці досліджуваними біологічно активними речовинами (БАР) сприяла поліпшенню квантового виходу ФС II (F_v/F_p) в інтактних рослин пшениці на початку фази колосіння та дещо пригнічувала «флуоресценцію на спаді» — R_{fd} (відбиває активність асиміляції вуглецю) у варіантах з обробкою I+Se, Ag+Cu і аватар-1, що швидше за все мало адаптивний характер. Істотно пригнічувалась квантова ефективність ФС II листків за штучного зараження рослин збудником бактеріозу пшениці *P. syringae* Д13 на початку фази колосіння. За параметрами фотохімічної активності листків більшою адаптивністю до умов зараження збудником базального бактеріозу характеризувався фотосинтетичний апарат рослин пшениці за передпосівної обробки насіння Ag+Cu і аватар-1. Менший ефект порівняно з контролем (без зараження), але ліпший порівняно із зараженими рослинами зафіксовано у варіантах БП екстракон і БП екстракон + I+Se. Виявлено зміну співвідношення ІОК/АБК і фотохімічної активності листків пшениці за умов штучного зараження фітоплазмою й передпосівної обробки насіння досліджуваними БАР. Відмічено підтримання високого функціонального рівня фотосинтетичного апарату рослин пшениці за штучного зараження фітоплазмою й передпосівної обробки насіння розчинами наноквацитратів та впливу консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, консорціум ґрунтово-корисних мікроорганізмів, *Acholeplasma laidlawii*, фітоплазма, *Pseudomonas syringae* pv. *atrolaensis*, фітогормони, індукція флуоресценції хлорофілу.

В економічно розвинених регіонах планети успішний прогрес сільського господарства на етапі «зеленої революції» забезпечувався перш за все значним збільшенням використання невідновлюваних енергетичних ресурсів. Проте із середини 1970-х років стала очевидною неможливість подальшої реалізації цієї стратегії у зв'язку з екологічними і ресурсними обмеженнями. З урахуванням таких тенденцій дедалі більше країн, у тому числі й європейських, переходить у пост-індустріальну фазу розвитку, яка в агросфері базується на формуванні природоохоронної структури землекористування, відновлення природних ресурсів, особливо ґрунтів, примноження біорізноманітності, енергетичного потенціалу, застосування ресурсо- та енергозберігальних агротехнологій на основі оптимізації колообігу речовин і обміну енергії в агроєкосистемах [1, 2].

Значні площі сформованих ґрунтів є надзвичайно різноманітним середовищем існування для величезної кількості мікроорганізмів — від перехідних епіфітних сапрофітів до епіфітних коменсалів, мутуалістичних симбіонтів, ендоефітних і патогенних мікроорганізмів. Організми, що є частиною біому ризосфери, становлять бактерії, гриби, ооміцети, нематоди, найпростіші, водорості, віруси, археї і членистоногі [3].

Істотним чинником зниження продуктивності сільськогосподарських рослин у агрофітоценозах є фітопатогенні мікроорганізми [4]. Зв'язки між кореневою системою рослин і патогенними мікроорганізмами та їх поширення — негативні процеси розвитку інфекційних захворювань. Що стосується фітопатогенних бактерій, то перший крок у створенні такої «взаємодії» — заселення поверхні коренів рослин, що призводить до утворення біоплівки [3]. Основними стратегіями боротьби з фітопатогенами є селективно-генетичні та хімічні методи, які недостатньо досконалі, оскільки існує ризик адаптації патогенів через значу мутаційну мінливість останніх [5]. Оскільки хімічні засоби захисту чинять негативний вплив на екосистему в цілому й баланс ґрунтової мікробіоти, вчені велику увагу приділяють альтернативним методам захисту рослин за необхідності вжиття ґрунтовідновлювальних заходів із застосуванням ризосферних мікроорганізмів-антагоністів. Слід зауважити, що застосування цих мікроорганізмів дає змогу поліпшити структуру ґрунту, наситити ґрунтовий розчин легкодоступними для рослин елементами живлення, фітогормонами та іншими БАР, зокрема з антибіотичною дією [6, 7]. Вплив ризобактерій на рослину зумовлений складними механізмами, які сприяють росту, розвитку й захисту рослин, діють як біостимулятори, біодобрива і біопротектори [2].

Перспективними сучасними заходами щодо живлення, діагностики і підтримання фітоімунітету рослин є нанотехнології [8]. У зв'язку з цим дослідження способів застосування екологічно ошадливих технологій у рослинництві, спрямованих на відновлення балансу поживних речовин у ґрунті з використанням агрономічно корисних мікроорганізмів та їх поєднання з ошадливими заходами підтримання фітоімунітету, зокрема на основі препаратів мікроелементів, отриманих за допомогою нанотехнологій, вкрай актуальне.

Методика

Яру м'яку пшеницю сорту Печерянка вирощували на дослідних ділянках Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. Повторність експериментів триразова. Площа дослідних ділянок 50 м², ґрунт дерново-підзолистий. Передпосівну обробку (п.о.) насіння препаратами мікроелементів, отриманими за допомогою нанотехнологій, виконували за такою схемою: 1 — контроль (без обробки насіння); 2 — фон — додавання у ґрунт БП екстракон (без обробки насіння); 3 — п.о. насіння 1 %-м розчином БП I+Se на фоні додавання у ґрунт БП екстракон; 4 — п.о. 1 %-м розчином БП I+Se; 5 — п.о. 1 %-м розчином Ag+Cu; 6 — п.о. 0,1 %-м розчином комплексного мікродобрива аватар-1 (Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg).

Як БАР застосовували: 1 %-й розчин БП I+Se, виготовлений із препарату «Йодіс-концентрат плюс Se», що складається з очищеної води, збагаченої багатоатомними іонами йоду, 80 мг/дм³, цитрату селену (виробник ТОВ «НВК Йодіс», Україна); 1 %-й розчин Ag+Cu — із препарату «Шумерське срібло» з вмістом цитрату срібла й концентрацією Ag 250 мг/л + цитрат міді із концентрацією Cu 250 мг/л й лимонної кислоти (виробник ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», Україна); 1 %-й розчин композиції мікроелементів Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg, виготовлений із мікродобрива аватар-1 органік і складом мікроелементів у формі цитратів, %: Co — 0,0001—0,0025; Cu — 0,01—0,08; Zn — 0,001—0,007; Fe — 0,0015—0,008; Mn — 0,0005—0,005; Mo — 0,00001—0,0025; Mg — 0,01—0,08; лимонна кислота — 0,5—10 мг/л, вода очищена (виробник ТОВ «Аватар», Україна).

Штучне зараження прапорцевого листка рослин пшениці штамами фітопатогенних мікроорганізмів — збудником базального бактеріозу пшениці *Pseudomonas syringae* pv. *atrovaciens* Д13 проводили в фазу виходу в трубку (ВВСН 38) та збудником фітоплазмозу — блідо-зеленої карликовості пшениці *Acholeplasma laidlawii* УКМ ВМ-34 — у фазу початку формування колоса (ВВСН 42). Заражали рослини субепідермальною ін'єкцією в десятиразовій повторності в кожному із варіантів. Бактеріальну культуру *P. syringae* pv. *atrovaciens* Д13 було ізольовано з буро-коричневих плям-штрихів на листовій обгортці пшениці (зразки уражених рослин отримані з Дніпропетровської області). Культивували бактерії й готували бактеріальну суспензію за загальноприйнятими методиками [9]. Щільність суспензії інокулятив — 1·10⁹ КУО/мл.

Фітопатогенну фітоплазму *A. laidlawii* УКМ ВМ-34 культивували на рідкому живильному середовищі СМ ІМВ-72 (рН 7,8) у термостаті за температури 32 °С впродовж 72 год.

Фізіологічний ефект БАР у відповідній концентрації вивчали у лабораторному досліді в чашках Петрі, за передпосівного замочування насіння пшениці (30 шт.) в 1 %-х розчинах I+Se та Ag+Cu з наступним аналізом біометричних показників семидобових рослин (довжин листків і коренів). Повторність досліді триразова.

БП екстракон (Україна) вносили у ґрунт дослідних ділянок перед висіванням насіння. Склад консорціуму ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів БП, інокульованих у торфо-

подібний субстрат: *Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*. Ці мікроорганізми знаходяться у функціонально активному стані й тісно поєднані трофічними зв'язками.

У листках рослин дослідних варіантів визначали вміст фітогормонів — ІОК і АБК методом кількісної спектроденситометричної тонкошарової хроматографії [10]. Кількісно детектували фітогормони за допомогою сканувального спектроденситометра «Sorbfil» (РФ). Протягом вегетаційного періоду для визначення динаміки фітогормонального статусу тричі відбирали рослинний матеріал листків (використовували маркування фаз розвитку за шкалою ВВСН): 1-й відбір — у фазу виходу в трубку—стадію першого вузла (ВВСН 31), 2-й — наприкінці фази виходу в трубку—розкривання піхви прапорцевого листка (ВВСН 47), 3-й — у фазу колосіння (ВВСН 54).

Фотохімічну активність листків визначали за стандартною методикою [14], біофізичним методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) [11—13] портативним приладом «Флоратест» (Україна). Прилад оснащений рідинно-кристалічним дисплеєм (128×64 пікселів) і виносним оптоелектронним датчиком із довжиною хвилі опромінення 470 ± 15 нм, площею плями опромінення не менш як 15 мм^2 та освітленості в її межах не менш як $2,4 \text{ Вт/м}^2$. Спектральний діапазон вимірювання інтенсивності флуоресценції — від 670 до 800 нм. Дані, виміряні приладом, переносили на ПК через USB-порт комп'ютера з використанням програмного забезпечення «Флоратест», що поставляється у комплекті з приладом і дає змогу відображати ці дані у табличній або графічній формі. Темнова адаптація листків перед вимірюваннями становила не менш як 20 хв. Повторність вимірювань у кожному варіанті п'ятиразова. На отриманих за цифровим масивом даних так званих кривих Каутського знаходили відповідні критичні точки флуоресценції: F_0 , F_p , F_t , де F_0 — початкова флуоресценція; F_p — пікове значення флуоресценції; F_t — стаціонарний рівень флуоресценції [11—16]. Далі обчислювали аналітичні параметри: варіабельну флуоресценцію $F_v = F_p - F_0$; квантову ефективність фотохімії ФС II адаптованих до темряви листків (відбиває насиченість загального пулу ФС II фотохімічноактивними центрами) F_v/F_p [17]; індекс R_{fd} , або коефіцієнт зниження флуоресценції хлорофілу, $R_{fd} = F_d/F_t$, де $F_d = F_m - F_t$, що корелює з інтенсивністю асиміляції CO_2 в листках [14—17]. Упродовж вегетаційного періоду ІФХ вимірювали в польових умовах тричі у різні фази розвитку рослин пшениці, які визначали за уніфікованою шкалою ВВСН: 1-ше — у фазу початку виходу в трубку—стадію першого вузла (ВВСН 31); 2-ге — на початку фази колосіння (ВВСН 51), 3-тє — у фазу колосіння (ВВСН 52).

Отримані результати оброблено статистично з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel. Вірогідність різниці між варіантами оцінено за допомогою двохвибіркового t -тесту з різними дисперсіями. Повторність визначень параметрів ІФХ п'ятиразова. На діаграмах наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати та обговорення

За результатами лабораторного дослідження за умов передпосівного замочування в 1 %-х розчинах I+Se та Ag+Cu виявлено найістотнішу стимулювальну дію на 7-добові проростки пшениці, довжина коренів яких збільшилась у 2,2 та 1,7 раза, а листків — в 1,7 та 1,1 раза відповідно. Безумовно, пришвидшення ростових процесів проростків було пов'язане зі стимулюванням багатьох ферментних систем і змінами у гормональному балансі тканин за дії біогенних елементів, що входили до складу досліджуваних БАР. Тому нас зацікавило дослідження змін фітогормонального статусу за пролонгованої дії цих речовин в умовах польових дослідів.

Дослідженням фітогормонального балансу за вмістом ІОК та АБК у тканинах листків ярої пшениці на початку фази виходу в трубку — стадії першого вузла (ВВСН 31) виявлено зменшення співвідношення ІОК/АБК у варіантах 2—5 відносно контрольних рослин, що у варіантах 2 (БП екстракон), 3 (БП екстракон + I+Se) і 5 (аватар-1) відбувалося внаслідок істотного зростання вмісту АБК (рис. 1, а, б). Дворазове збільшення співвідношення ІОК/АБК зафіксовано у варіанті 5 — за обробки комплексним добривом аватар-1 (див. рис. 1, а). Слід зазначити, що найвищий вміст АБК був у листках рослин варіантів на фоні застосування БП екстракон — майже триразове його збільшення (див. рис. 1, б). У фазу ВВСН 47 за штучного заражен-

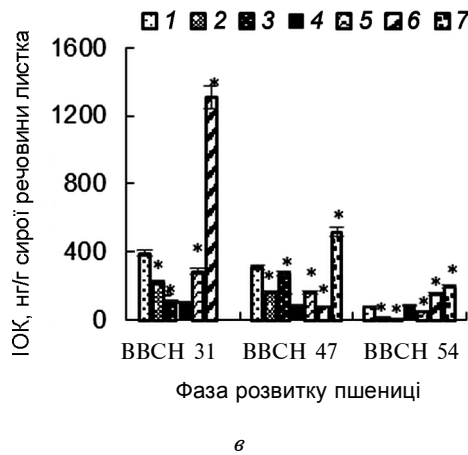
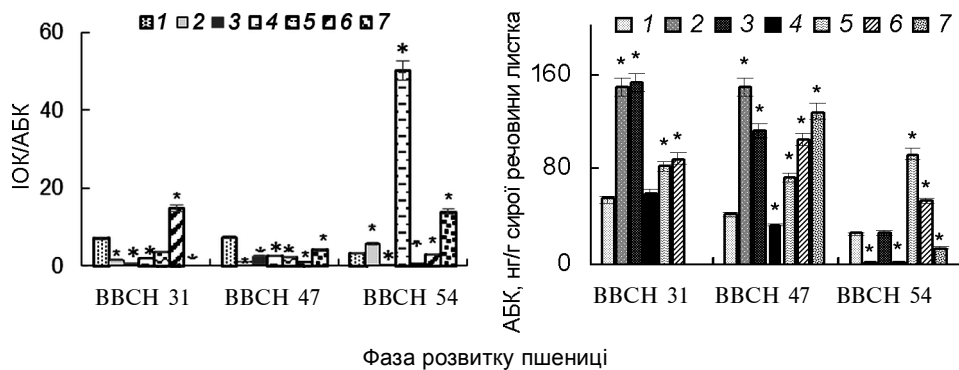


Рис. 1. Баланс фітогормонів:
 а — співвідношення ІОК/АБК; б — концентрація АБК; в — концентрація ІОК — у листках ярої пшениці в різні фази розвитку (ВВСН 31, 47, 54) за дії біологічно активних речовин; ВВСН 31: 1 — контроль; 2 — БП екстракон; 3 — БП екстракон + 1 % I+Se; 4 — 1 % I+Se; 5 — 1 % Ag+Cu; 6 — 0,1 % аватар-1; ВВСН 47: 1 — контроль; 2 — *P. syringae* Д13; 3 — БП екстракон + *P. syringae* Д13; 4 — БП екстракон + 1 % I+Se + *P. syringae* Д13; 5 — 1 % I+Se + *P. syringae* Д13; 6 — 1 % Ag+Cu + *P. syringae* Д13; 7 — 0,1 % аватар-1 + *P. syringae* Д13; ВВСН 54: 1 — контроль; 2 — фітоплазма; 3 — БП екстракон + фітоплазма; 4 — БП екстракон + 1 % I+Se; 5 — 1 % I+Se; 6 — 1 % Ag+Cu; 7 — 0,1 % аватар-1 (*різниця вірогідна із контролем за $p \leq 0,05$)

ня рослин *P. syringae* у варіантах 2, 3 і 5 спостерігалася подібна тенденція — зниження співвідношення ІОК/АБК за найістотнішого зростання вмісту АБК (див. рис. 1, а, б). За спаданням цього співвідношення дослідні варіанти можна розмістити в такій послідовності: 0,1 % аватар-1 + *P. syringae* > БП екстракон + п.о. 1 % БП I+Se + *P. syringae* > БП екстракон + *P. syringae* > п.о. 1 % БП I+Se + *P. syringae* > *P. syringae* > п.о. 1 % розчин Ag+Cu + *P. syringae*.

Відомо, що зміни фітогормонального балансу зумовлюють фізіологічні реакції рослин на дію стресових чинників. Зазначено, що АБК та ІОК можуть як провокувати зараження фітопатогенними мікроорганізмами, так і сприяти виробленню стійкості до них залежно від способу зараження і виду патогену [18]. За взаємодії рослина—патоген як ауксини, так і цитокініни у відповідній концентрації можуть включатися у формування тонких механізмів захисної системи рослини-хазяїна. Відомо також, що одним зі шляхів регуляції захисної відповіді за дії АБК є її участь у синтезі попередників жасмонової кислоти, що є одним із регуляторів системної стійкості. Отже, від гормональної взаємодії патогену і хазяїна та можливості його регулювання залежить стійкість рослин [19]. Крім того, ризосферні бактерії можуть впливати на гормональний баланс рослини [2].

У фазу початку колосіння (ВВСН 54) за позакореневої обробки інтактних рослин співвідношення фітогормонів найістотніше зросло у тканинах листків у варіантах 7 — п.о. КД 0,1 % аватар-1 і 4 — 1 % I+Se на фоні БП екстракон — відповідно в 4,5 та 16 разів унаслідок істотного зниження вмісту АБК за зростання вмісту ІОК (див. рис. 1, а, в). У листках заражених фітоплазмою рослин величина співвідношення ІОК/АБК зростала в 1,8 раза, хоча загальний вміст ІОК та АБК був відповідно у 6 і 11 разів меншим за такий у контрольних рослинах. За ураження фітоплазмою на фоні БП екстракон співвідношення ІОК/АБК знижувалося в 17 разів. Слід зазначити, що за п.о. 1 % I-Se й 1 % Ag+Cu співвідношення ІОК/АБК зменшувалося внаслідок істотного збільшення вмісту АБК у тканинах листків (див. рис. 1, б). Відомо, що зростання рівня АБК у тканинах сприяє змінам, що підвищують стрес-толерантність рослин [20–22]. Отже, згідно з отриманими даними ми припустили найбільший фітоімуномодулювальний ефект порівняно з контрольними рослинами у варіантах з інокуляцією у ґрунт БП екстракон у фазі ВВСН 31 і 47 та за п.о. 1 %-м розчином Ag+Cu (ВВСН 31–54) й I+Se (ВВСН 54).

Наступним етапом нашої роботи було дослідження стану та активності фотосинтетичного апарату досліджуваних рослин пшениці, що тісно пов'язано з продуктивністю, у різні фази їх розвитку методом індукції флуоресценції хлорофілу. Зокрема, показник квантової ефективності ФС II (F_v/F_p), що відповідає насиченості загального пулу ФС II фотохімічно активними центрами, мав тенденцію до зростання у варіантах 2 — БП екстракон, 3 — БП екстракон + п.о. I+Se та 6 — п.о. аватар-1 — відповідно на 4,3; 5,8 та 1,4 % (рис. 2), тоді як у варіантах 4 — п.о. I+Se і 5 — Ag+Cu — досягав контрольного рівня. Показник R_{fd} був нижчим за контрольний на 11,3; 9,9 та 18,7 % відповідно за п.о. I+Se, Ag+Cu та аватар-1, тоді як у варіантах 2 і 3 — із застосуванням БП екстракон спостерігалася лише тенденція до йо-

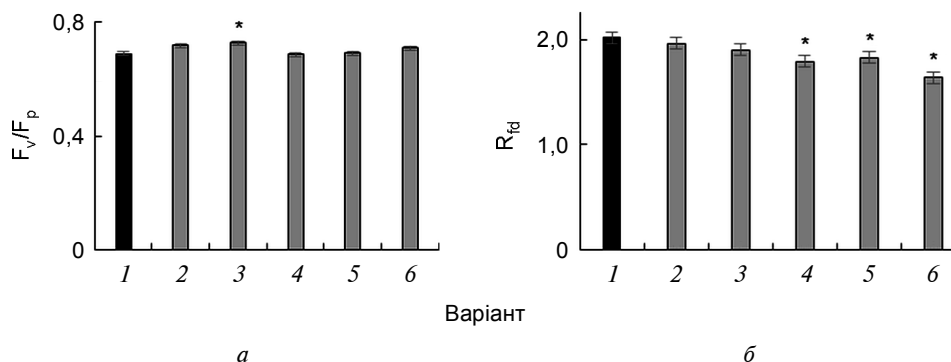


Рис. 2. Параметры индукции флуоресценции хлорофилла листьев яровой пшеницы на початку фазы выхода в трубку — стадии первого узла (ВВСН 31) за дѣи биологически активных речовин:

a — F_v/F_p ; b — R_{fd} ; 1–6 — варианты (1 — контроль, 2 — БП экстракон, 3 — БП экстракон + I+Se, 4 — I+Se, 5 — Ag+Cu, 6 — аватар-1); *рѣзница вірогідна з контролем за $p \leq 0,05$

го зниження відповідно на 2,9 і 5,9 %, що знаходиться в межах контролю.

Слід підкреслити важливу роль фітогормонів у ендогенній регуляції фотосинтезу, зокрема участь АБК в регулюванні роботи продихового апарату [23]. Отже, зниження асиміляції CO_2 за зростання рівня АБК у всіх варіантах обробки могло бути пов'язане з продиховим лімітуванням фотосинтезу. Регуляторний характер таких змін підтвердило зростання квантової ефективності ФС II за цих умов у трьох варіантах (2 — БП экстракон, 3 — БП экстракон + I+Se, 6 — аватар-1) і стабільність (контрольний рівень) — у двох інших (4 — I+Se, 5 — Ag+Cu) (див. рис. 2).

Ще одним чинником впливу на фотохімічну активність фотосинтетичного апарату безсумнівно була посушлива спекотна погода на цьому етапі вегетаційного періоду з підвищенням середньомісячної температури у квітні—травні відповідно на 4,4 й 3,6 °C та зниження кількості опадів за цей період на —41 і —16 мм [24]. Отже, деяке пригнічення показника R_{fd} , що відбиває зниження активності асиміляції вуглецю, разом із стабілізацією і зростанням квантової ефективності ФС II (F_v/F_p) у відповідні фази розвитку рослин пшениці швидше за все мало адаптивний характер до умов посухи і підвищення температури внаслідок стимулювання механізмів стресостійкості під впливом досліджуваних БАР. Крім того, відомо, що за умов підвищеної температури і посухи зростає інтенсивність фотодихання, що знижує фактичну ефективність фіксації CO_2 [25, 26] і в рослин різних генотипів становить 28—30 % його швидкості [27]. Отже, цілком ймовірно, що зростання квантової ефективності ФС II (за деякого зниження рівня R_{fd} у трьох із дослідних варіантів обробки — БП экстракон, БП экстракон + I+Se, аватар-1) було пов'язане з підвищенням інтенсивності фотодихання за продихового лімітування фотосинтезу.

У фазу початку колосіння (ВВСН 51) визначали фотохімічну активність листків за штучного зараження збудником базального бактеріозу пшениці *P. syringae* Д13. За результатами фенологічних спос-

тережень виявлено істотне зменшення інтенсивності проявів бактеріального зараження в усіх варіантах обробки, але різною мірою. Аналізом змін параметрів ІФХ виявлено зростання F_0 за ураження інтактних рослин, що свідчило про зниження рівня функціонально активного хлорофілу. Дещо знижений F_0 був у варіантах обробки БАР та ураження фітопатогенним штамом, окрім ураження у варіанті з БП екстрактом, де цей показник сягав контрольного рівня. Квантова ефективність ФС II істотно пригнічувалась при зараженні контрольних рослин (без обробки), була більшою від контролю у варіантах із внесенням БП екстракту й п.о. Ag+Cu при штучному зараженні (рис. 3). Слід зазначити, що за штучного зараження на фоні БП екстракту показник F_v/F_p був на 8,9 % більшим, ніж при зараженні рослин без обробки, а за п.о. аватар-1 сягав рівня контрольних рослин (див. рис. 3). Зауважимо, що п.о. I+Se, за штучного зараження, за показником F_v/F_p виявила негативний ефект (зниження на 23 %). При цьому показник R_{fd} мав подібну динаміку — знижувався за впливу штучного бактеріального зараження без обробки й у варіантах БП екстракту + I+Se і п.о. I+Se. Показник R_{fd} зростав у листках рослин на фоні БП екстракту за штучного зараження й у варіантах із п.о. Ag+Cu, аватар-1 (див. рис. 3). Збільшення цього параметра, що відбиває зростання асиміляційної активності листків, можливо було пов'язане з поліпшенням ефективності використання води фотосинтетичним апаратом за індукції стійкості під дією досліджуваних БАР.

Параметр квантової ефективності ФС II (F_v/F_p) листків досліджуваних рослин у фазу ВВСН 52 збільшувався у варіантах 3—7 за штучного зараження патогенною фітоплазмою *A. laidlawii* УКМ ВМ-34, у варіанті 2 (зараження інтактних рослин) він на 6 % знижувався (рис. 4).

Показник R_{fd} зростав у всіх досліджуваних варіантах у такій послідовності: фітоплазма (без обробки) < БП екстракту + фітоплаз-

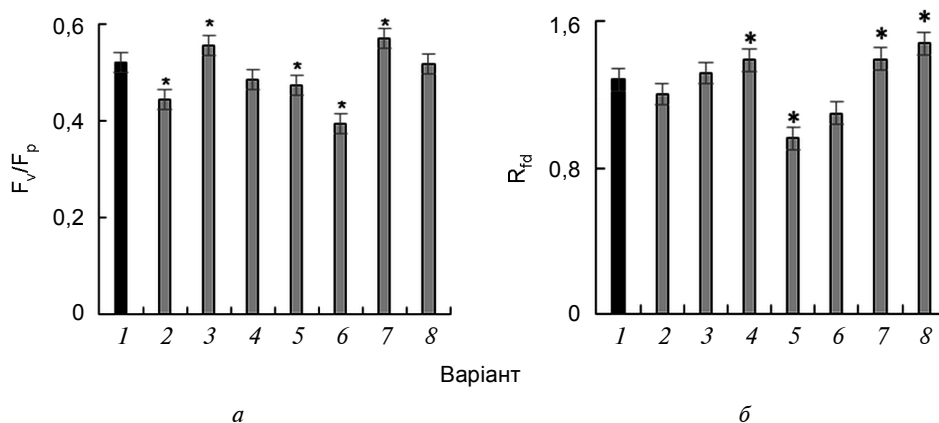


Рис. 3. Параметри індукції флуоресценції хлорофілу листків ярої пшениці на початку фази колосіння (ВВСН 51) за дії біологічно активних речовин і штучного зараження збудником бактеріозу пшениці *P. syringae* Д13:

a — F_v/F_p ; б — R_{fd} ; 1–8 — варіанти (1 — контроль, 2 — контроль + Д13, 3 — БП екстракту, 4 — БП екстракту + Д13, 5 — БП екстракту + I+Se + Д13, 6 — I+Se + Д13, 7 — Ag+Cu + Д13, 8 — аватар-1 + Д13); * різниця з контролем вірогідна за $p \leq 0,05$

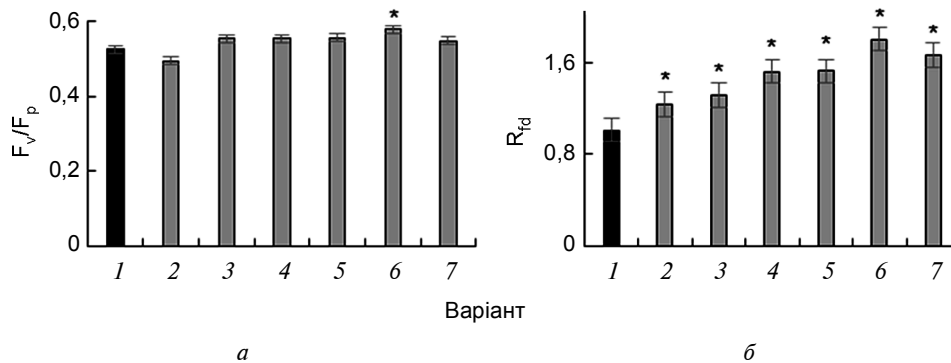


Рис. 4. Параметры индукции флуоресценции хлорофилу листьев ярой пшеницы на початку фазы колосіння (ВВСН 52) за дії біологічно активних речовин і штучного зараження фітоплазмою:

$a - F_v/F_p$; $b - R_{fd}$; 1–7 – варіанти (1 – контроль, 2 – фітоплазма, 3 – БП екстракон + фітоплазма, 4 – БП екстракон + I+Se + фітоплазма, 5 – I+Se + фітоплазма, 6 – Ag+Cu + фітоплазма, 7 – аватар-1 + фітоплазма); *різниця з контролем вірогідна за $p \leq 0,05$

ма < БП екстракон + I+Se + фітоплазма < I+Se + фітоплазма < аватар-1 + фітоплазма < Ag+Cu + фітоплазма. Така динаміка параметра, що відбиває асиміляційну активність листків за ураження фітоплазмою, пов'язана з тим, що патоген, який живиться за рахунок рослини-хазяїна, стає додатковим акцептором і формує підвищений запит на асиміляти у фотосинтетичному апараті уражених рослин за умов зниження фотосинтетичної активності. Разом з тим більше зростання асиміляційної активності листків рослин досліджуваних варіантів з обробкою БАР і зараженням фітоплазмою порівняно із зараженням без обробки може свідчити про метаболічні зміни, пов'язані з підвищенням стійкості до патогенного інтегрування.

Отже, передпосівна обробка насіння ярой пшениці БАР сприяла поліпшенню максимального квантового виходу ФС II інтактних рослин пшениці на початку фазы колосіння за деякого пригнічення асиміляції вуглецю у варіантах з обробкою I+Se, Ag+Cu і аватар-1, що швидше за все мало адаптивний характер. Водночас фотохімічна активність листків за штучного зараження збудником бактеріозу пшениці *P. syringae* Д13 у фазу початку колосіння характеризувалася істотним пригніченням квантової ефективності ФС II. Найефективнішими за умов зараження збудником базального бактеріозу виявились варіанти п.о. Ag+Cu та дещо аватар-1. Менш ефективними порівняно з контрольними (без зараження), але ліпшими порівняно із зараженими рослинами були варіанти БП екстракон і БП екстракон + I+Se. Слід зазначити, що фенологічними спостереженнями виявлено істотне зменшення інтенсивності проявів бактеріального зараження в усіх варіантах обробки, але різною мірою. Встановлено зміни співвідношення фітогормонів ІОК/АБК за збільшення вмісту АБК у тканинах листків порівняно з контрольними рослинами у варіантах з інокуляцією у ґрунт БП екстракон у фазі ВВСН 31 і 47 та за позакореневої обробки 1 %-м розчином Ag+Cu (фазі ВВСН 31–54) і БП I+Se (ВВСН 54), що є додатковим підтвердженням їх адаптивної дії.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Тарарико Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем. Киев: ДИА, 2007. 560 с.
2. Montanarella L., Pennock D.J., McKenzie N., Badraoui M., Chude V., Baptista I., Mamo T., Yemefack M., Singh Aulakh M., Yagi K., Young Hong S., Vijarnsorn P., Zhang G.-L., Arrouays D., Black H., Krasilnikov P., Sobocka J., Alegre J., Henriquez C.R., de Lourdes Mendonca-Santos M., Taboada M., Espinosa-Victoria D., AlShankiti A., AlaviPanah S.K., Elsheikh E.A.E.M., Hempel J., Camps Arbestain M., Nachtergaele F., Vargas R. World's soils are under threat. *Soil*. 2016. **2**. P. 79–82. doi: <https://doi.org/10.5194/soil-2-79-2016>
3. Гадзало Я.М., Пати́ка М.В., Зари́шняк А.С. Агроекологічна інженерія в біоконтролі ризосфери рослин та формування здоров'я ґрунту: науково-методичні рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2017. 44 с.
4. Nihorimbere V., Ongena M., Smargiassi M., Thonart Ph. Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2011. **15**, N 2. P. 327–337.
5. Pilet-Nayel M.L., Moury B., Caffier V., Montarry J., Kerlan M.C., Fournet S., Durel C.E., Delourme R. Quantitative Resistance to Plant Pathogens in Pyramiding Strategies for Durable Crop Protection. *Front Plant Sci*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01838/full>. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01838> (дата звернення 12.12.2018)
6. Kumar B.L., Sai Gopal D.V.R. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *Biotech*. 2015. **5**, Is. 6. P. 867–876. doi: <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
7. Pan I., Dam B., Sen S.K. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. *Biotech*. 2012. **2**, Is. 2. P. 127–134. doi: <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0033-5>
8. Prasad R., Bhattacharyya A., Nguyen Q.D. Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives. *Front Microbiol*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.01014/full> doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014> (дата звернення 12.12.2018).
9. Пати́ка В.П., Пасі́чник Л.А., Данкевич Л.А., Мороз С.М., Буценко Л.М., Житкевич Н.В., Гнатюк Т.Т., Захарова О.М., Савенко О.А., Шкатула Ю.М., Кириленко Л.В., Алексеев О.О. Диагностика фітопатогенних бактерій. Методичні рекомендації. Київ, 2014. 76 с.
10. Савинский С.В., Кофман И.Ш., Кофанов В.И., Стасевская И.Л. Методические подходы к определению фитогормонов с помощью спектроденситометрической тонкослойной хроматографии. *Физиология и биохимия культ. растений*. 1987. **19**, № 2. С. 210–215.
11. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтерпрес, 2002. 191 с.
12. Stirbet A., Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J. Photochem. Photobiol.* 2011. **104**, Is. 1–2. P. 236–257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>
13. Papageorgiou G.C., Govindjee. Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Dordrecht: Springer, 2004. 818 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9>
14. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. Київ: Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2013. 24 с.
15. Lichtenthaler H.K., Buschmann C., Knapp M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*. 2005. **43**, Is. 3. P. 379–393. doi: <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0062-6>
16. Гольцев В.Н., Каладжи Х.М., Паунов М., Баба В., Хорачек Т., Мойски Я., Коцел Х., Аллахвердиев С.И. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений. *Физиология растений*. 2016. **63**, № 6. С. 881–907.

17. Lichtenthaler H.K., Babani F., Langsdorf G. Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity in sun and shade leaves of trees. *Photosynth. Res.* 2007. **93**. P. 235–244. doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-007-9174-0>
18. Ruth Finkelstein. Abscisic Acid Synthesis and Response. Arabidopsis Book. 2013. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3833200/> doi: 10.1199/tab.0166 (дата звернення 10.01.2019).
19. Максимов И.В., Максимова Т.И., Веселова С.В., Яруллина Л.Г. Фитогормоны в регуляции защитной системы растений от патогенов. Тезисы докл. IV Рос. симп. с международным участием (Казань, 20–23 сентября 2016). Казань, 2016. С. 93–94.
20. Davies J.P. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action! Dordrecht. Boston. London: Kluwer Academic Publishers, 2004. 750 p.
21. Davies J.P. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action! Dordrecht. Heidelberg. London. New York: Springer, 2010. 802 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7>
22. Lam-Son Tran, Sikander Pal. Phytohormones: A Window to Metabolism, Signaling and Biotechnological Applications. New York. Heidelberg. Dordrecht. London: Springer, 2014. 361 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0491-4>
23. Kodru S., Malavath T., Devadasu E., Nellaepalli S., Stürbet A., Govindjee S.R. The slow S to M rise of chlorophyll a fluorescence reflects transition from state 2 to state 1 in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Photosynth. Res.* 2015. **125**, Is. 1–2. P. 219–231. doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-015-0084-2>
24. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. Кліматичні дані по м. Києву. Відхилення від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у Києві (за даними ЦГО). URL http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv
25. Стасик О.О., Джонс Х.Г. Участь фотодыхания в реакции фотосинтетического аппарата листков пшеницы на підвищення температури. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2011. **43**, N 1. С. 38–46.
26. Green B.R., Parson W.W. Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis. USA: Springer Science, Business Media, 2003. 516 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-2087-8>
27. Aliyev J.A. Photosynthesis, photorespiration and productivity of wheat and soybean genotypes. *Physiol. Plant.* 2012. **145**, Is. 3. P. 369–383. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01613.x>

Отримано 23.01.2019

REFERENCES

1. Tarariko, Yu.A. (2007). Formation of sustainable agricultural systems. Kyiv: DIA [in Russian].
2. Montanarella, L., Pennock, D. J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Singh Aulakh, M., Yagi, K., Young Hong, S., Vijarnsorn, P., Zhang, G.-L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocka, J., Alegre, J., Henriquez, C.R., de Lourdes Mendonca-Santos, M., Taboada, M., Espinosa-Victoria, D., AlShankiti, A., AlaviPanah, S.K., Elsheikh, E.A.E.M., Hempel, J., Camps Arbertain, M., Nachtergaele, F. & Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. *Soil*, 2, pp. 79-82. doi: <https://doi.org/10.5194/soil-2-79-2016>
3. Hadzalo, Ya.M., Patyka, M.V. & Zaryshniak, A.S. (2017). Agro-ecological engineering in biocontrol of rhizosphere of plants and formation of soil health: naukovo-metodychni rekomendatsii. Kyiv: Ahrar. nauka [in Ukrainian].
4. Nihorimbere, V., Ongena, M., Smargiassi, M. & Thonart, Ph. (2011). Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 15, No. 2, pp. 327-337.
5. Pilet-Nayel, M.-L., Moury, B., Caffier, V., Montarry, J., Kerlan, M.-C., Fournet, S., Durel, C.-E. & Delourme, R. (2017). Quantitative Resistance to Plant Pathogens in Pyramiding Strategies for Durable Crop Protection. *Front Plant Sci.* URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01838/full> doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01838>

6. Kumar, B.L. & Sai Gopal, D.V.R. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *Biotech.*, 5, is. 6, pp. 867-876. doi: <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
7. Pan, I., Dam, B. & Sen, S.K. (2012). Composting of common organic wastes using microbial inoculants. *Biotech.*, 2, is. 2, pp. 127-134. doi: <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0033-5>
8. Prasad, R., Bhattacharyya, A. & Nguyen, Q.D. (2017). Nanotechnology in Sustainable Agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives. *Front Microbiol.* URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.01014/full> doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014>
9. Patyka, V.P., Pasichnyk, L.A., Dankevych, L.A., Moroz, S.M., Butsenko, L.M., Zhytkevych, N.V., Hnatiuk, T.T., Zakharova, O.M., Savenko, O.A., Shkatula, Yu.M., Kyrylenko, L.V. & Aleksieiev, O.O. (2014). Diagnostics of phytopathogenic bacteria. Guidelines. Kyiv [in Ukrainian].
10. Savinskiy, S.V., Kofman, I.S., Kofanov, V.I. & Stasevskaya, I.L. (1987). Methodological approaches to the determination of phytohormones using spectrodensitometric thin-layer chromatography. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rasteniy*, 19, No. 2, pp. 210-215 [in Russian].
11. Korneev, D.Yu. (2002). Informational capabilities of the method of induction of chlorophyll fluorescence. Kyiv: Al'terpres [in Russian].
12. Stirbet, A., Govindjee. (2011). On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J. Photochem. and Photobiol.* In: *Biology*. 104. iss. 1–2, pp. 236-257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>
13. Papageorgiou, G.C., Govindjee. (2004). Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Dordrecht: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9>
14. Portable Fluorometer “Florotest”: Operation Manual (2013). In-t kibernetiky im. V.M. Hlushkova NAN Ukrainian [in Ukrainian].
15. Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C. & Knapp, M. (2005). How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{fd} of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, 43, iss. 3, pp. 379-393. doi: <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0062-6>
16. Golcev, V.N., Kaladzi, H.M., Paunov, M., Baba, V., Horachek, T., Mojski, Y.A., Kocel, H. & Allahverdiev, S.I. (2016). The use of chlorophyll variable fluorescence to assess the physiological state of the photosynthetic apparatus of plants. *Fiziologiya rastenij*, 63, No. 6, pp. 881-907 [in Russian].
17. Lichtenthaler, H.K., Babani, F. & Langsdorf, G. (2007). Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity in sun and shade leaves of trees. *Photosynth. Res.*, 93, pp. 235-244. doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-007-9174-0>
18. Ruth, F. (2013). Abscisic Acid Synthesis and Response. *Arabidopsis Book*. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3833200/> doi: 10.1199/tab.0166
19. Maksimov, I.V., Maksimova, T.I., Veselova, S.V. & Yarullina, L.G. (2016). Phytohormones in the regulation of plant defense system against pathogens. *Tezisy Dok. IV Ros. Simp. s Mezhdunarodn. uch.* (Kazan 20–23.09.2016), Kazan, pp. 93-94 [in Russian].
20. Davies, J.P. (2004). *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* Dordrecht Boston London: Kluwer Academic Publishers.
21. Davies, J.P. (2010). *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!* Dordrecht; Heidelberg; London; New York: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686-7>
22. Lam-Son, Tran & Sikander, P. (2014). *Phytohormones: A Window to Metabolism, Signaling and Biotechnological Applications.* New York; Heidelberg; Dordrecht; London: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0491-4>
23. Kodru, S., Malavath, T., Devadasu, E., Nellaepalli, S., Stirbet, A. & Govindjee, S.R. (2015). The slow S to M rise of chlorophyll a fluorescence reflects transition from state 2 to state 1 in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Photosynth. Res.*, 125, iss. 1-2, pp. 219-231. doi: <https://doi.org/10.1007/s11120-015-0084-2>
24. Boris Sreznevsky Central Geophysical Observatory (2018). Climatic data on the city of Kiev. Deviation from the average monthly temperature and monthly rainfall in Kyiv.

Retrieved from http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv [in Ukrainian].

25. Stasik, O.O. & Jones, H.G. (2011). The role of photorespiration in response of photosynthesis to temperature increase in wheat leaves. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rastenij*, 43, No. 1, pp. 38-46 [in Ukrainian].
26. Green, B.R. & Parson, W.W. (2003). *Light-Harvesting Antennas in Photosynthesis*. USA: Springer Science & Business Media. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-2087-8>
27. Aliyev, J.A. (2012). Photosynthesis, photorespiration and productivity of wheat and soybean genotypes. *Physiol. Plant.*, 145, iss. 3, pp. 369-383. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01613.x>

Received 23.01.2019

ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В.Ф. Патыка¹, А.Б. Гуляева¹, М.М. Богдан¹, И.П. Токовенко¹, Л.А. Пасичнык¹, Н.В. Патыка², В.И. Максин², В.Г. Каплуненко²

¹Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного Национальной академии наук Украины, Киев
email: ab_k@ukr.net

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

В полевых условиях установлено, что при предпосевной обработке семян яровой пшеницы 1 %-ми растворами препаратов микроэлементов, полученных с помощью нанотехнологий, Ag+Cu и Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg (аватар-1), а также I+Se, и при внесении в почву консорциума почвенно-полезных микроорганизмов (экстракон) изменялось соотношение фитогормонов ИУК/АБК при увеличении содержания АБК в листьях по сравнению с контрольными растениями в вариантах с инокуляцией в почву биопрепарата (БП) экстракон (фазы ВВСН 31 и 47) и при предпосевной обработке 1 %-ми растворами Ag+Cu (фазы ВВСН 31–54) и I+Se (ВВСН 54). Выявлено, что предпосевная обработка семян яровой пшеницы исследуемыми биологически активными веществами (БАВ) способствовала улучшению квантового выхода ФС II (F_v/F_p) у интактных растений пшеницы в начале фазы колошения и несколько подавляла «флюоресценцию на спаде» — R_{fd} (отражает активность ассимиляции углерода) в вариантах с обработкой I+Se, Ag+Cu и аватар-1, что скорее всего имело адаптивный характер. Существенно угнеталась квантовая эффективность ФС II листьев при искусственном заражении растений возбудителем бактериоза пшеницы *P. syringae* Д13 в начале фазы колошения. По параметрам фотохимической активности листьев большей адаптивностью в условиях заражения возбудителем базального бактериоза характеризовался фотосинтетический аппарат растений пшеницы при предпосевной обработке семян Ag+Cu и аватар-1. Меньший эффект по сравнению с контролем (без заражения), но лучший по сравнению с зараженными растениями зафиксирован в вариантах БП экстракон и БП экстракон + I+Se. Выявлено изменение соотношения ИУК/АБК и фотохимической активности листьев пшеницы в условиях искусственного заражения фитоплазмой и предпосевной обработки семян исследуемыми БАВ. Отмечено поддержание высокого функционального уровня фотосинтетического аппарата растений пшеницы при искусственном заражении фитоплазмой и предпосевной обработке семян растворами наноаквацитратов, а также при влиянии консорциума почвенно-полезных микроорганизмов.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, консорциум почвенно-полезных микроорганизмов, *Acholeplasma laidlawii*, фитоплазма, *Pseudomonas syringae* pv. *atropaciens*, фитогормоны, индукция флюоресценции хлорофилла.

PHYTOHORMONE RATIO AND PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF BREAD WHEAT PLANTS UNDER THE EFFECT OF BIOACTIVE SUBSTANCES

V.P. Patyka¹, H.B. Hulciaeva¹, M.M. Bohdan¹, I.P. Tokovenko¹, L.A. Pasichnyk¹, M.V. Patyka², V.I. Maksin², V.G. Kaplunenko²

¹Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine

154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: ab_k@ukr.net

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

Under field conditions, it was shown that pre-sowing treatment of wheat seeds by 1 % solutions of microelements Ag+Cu and Co+Cu+Zn+Fe+Mn+Mo+Mg (avatar-1) obtained using nanotechnology, I+Se composites, and introduction in soil of the consortium of soil-healthy microorganisms (extrakon) induced changes in the ratio of phytohormones IAA/ABA with increasing ABA content in the leaves in variants with inoculation into the soil of BP extrakon at stages BBCH 31 and 47 as well as under pre-sowing treatment with 1 % solutions of Ag+Cu at stages BBCH 31–54 and I+Se at stage BBCH 54. It was found that pre-treatment of wheat seeds with the investigated biologically active substances contributed to the improvement of the quantum efficiency of PS II (F_v/F_p) of intact wheat plants at the onset of heading and to some inhibition of the «fluorescence at decline» — R_{fd} (reflects the activity of carbon assimilation) in variants of pre-sowing treatment with I+Se, Ag+Cu and avatar-1, which have rather adaptive effect. Significant inhibition of the quantum efficiency of PS II in leaves under artificial contamination of plants by agent of wheat bacteriosis *Pseudomonas syringae* D13 at onset of heading was shown. According to the parameters of the photochemical activity of the leaves, a greater adaptability to the conditions of infection with the causative agent of basal bacteriosis was typical to photosynthetic apparatus of wheat plants under pre-sowing treatment with Ag+Cu and avatar-1. Less effect compared to control (no infection), but better than for infected plants was noted under the treatments: BP extrakon and BP extrakon + I+Se. The change in the ratio of IAA/ABA with increasing ABA content and photochemical activity of wheat leaves under the conditions of artificial infection with phytoplasma and pre-sowing treatment with investigated biologically active substances was shown. Significant maintenance of high functional level of photosynthetic apparatus of wheat plants under conditions of artificial infection with phytoplasma and pre-sowing treatment of seeds with biologically active substances, created on the basis of nanotechnologies, and the influence of the consortium of soil-useful microorganisms was revealed.

Key words: *Triticum aestivum*, consortium of soil-healthy microorganisms, *Acholeplasma laidlawii*, phytoplasma, *Pseudomonas syringae* pv. *atofaciens*, phytohormones, chlorophyll fluorescence induction.