

УДК 581.1:633.11:661.152.3:632.952

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДОБРИВА ФІЗІОЖИВЛІН + Р НА СТАН ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ТА ІНШІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

© 2017 р. М. М. Богдан, Г. Б. Гуляєва, В. П. Патики

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного  
Національної академії наук України  
(Київ, Україна)*

Застосування позакореневого підживлення комплексним добривом фізіоживлін + Р, що містить макро- і мікроелементи, сприяло поліпшенню розвитку листового апарату і кореневої системи рослин пшениці сорту Зимоярка. Методом індукції флуоресценції хлорофілу встановлено, що фотосинтетичний апарат рослин, оброблених комплексним добривом, характеризувався більш ефективним використанням квантової енергії світла. Виявлено, що обробка комплексним добривом рослин, заражених вірусом смугастої мозаїки пшениці, може бути прийомом, що дозволяє стабілізувати стан фотосинтетичного апарату. Показано, що обробка комплексним добривом сприяє збільшенню зернової продуктивності пшениці.

**Ключові слова:** *Triticum aestivum L.*, комплексне добриво фізіоживлін + Р, фотосинтетичний апарат, зернова продуктивність

Серед зернових культур пшениця посідає провідне місце у продовольчому сегменті ринку України, забезпечуючи населення цінними харчовими продуктами, зокрема хлібобулочними виробами. Значна частина зерна пшениці йде на експорт, поповнюючи бюджет країни. У зв'язку із цим, велике значення приділяється пошуку засобів підвищення зернової продуктивності і якості зерна, одним з яких є обробка посівів комплексними хелатованими добривами (Богдан та ін., 2016).

Відомо, що продуктивність рослин у мінливих умовах довкілля значною мірою залежить від їх стійкості, оскільки за дії стресових чинників стійкіші рослини виявляються більш продуктивними (Чиркова, 2002). При цьому умови мінерального живлення, особливо мікроелементи, істотно впливають на функціонування захисних механізмів рослин (Битюцкий, 2005).

За сучасними уявленнями, стійкість рослин визначається функціонуванням ряду протекторних систем, серед яких особливе значення має антиоксидантна система (Bolwell,

Wojtaszek, 1997; Колупаев и др. 2011). Ключовими антиоксидантними ферментами є, зокрема, каталаза і пероксидаза. Так, перша знешкоджує  $H_2O_2$  у реакції самоокиснення-самовідновлення, її активність стимулюється присутністю пероксиду водню, що генерується внутрішньоклітинно у реакціях фотодихання та в інших процесах (Мирошніченко, 1992). Пероксидази залучаються до специфічних внутрішньоклітинних окиснюваних процесів за участю пероксиду водню, що призводять до утворення важливих клітинних метаболітів (Газарян и др., 2006). Відомо, що розчинні пероксидази представлені цитоплазматичною та слабо зв'язаною з клітинною стінкою формами, які найбільш чутливі до стресових чинників (Давыдова и др., 1998; Газарян и др., 2006; Граскова и др., 2010; Колупаев и др. 2011).

Зміни активності пероксидаз, каталази та інших антиоксидантних ферментів нерідко використовують як маркери стійкості рослин до стресових факторів (Николаевский, 1998; Vakkalova et al., 2004; Граскова и др., 2010; Гуляєва, Богдан, 2013; Карпенко та ін., 2013).

Одним із показників енергетичного метаболізму, що може змінюватися залежно від умов мінерального живлення, є активність АТФаз. Вона, як і активність ферментів антио-

---

Адреса для кореспонденції: Богдан Михайло Михайлович, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, вул. Акад. Заболотного, 154, Київ, 03143, Україна;  
e-mail: b\_mi@ukr.net

кислродного захисту, корелює зі стійкістю рослин до стресорів (Казина, 2016).

Продуктивність рослин, у тому числі за несприятливих умов, значною мірою визначається активністю фотосинтетичного апарату (Гуляев, 2003). У свою чергу його ресурсозабезпечення залежить від коренебезпеченості рослин, що характеризується величиною активної поверхні коренів (Гуляев, Карлова, 2010).

У зв'язку з викладеним, метою нашої роботи було дослідження ланок впливу комплексного добрива (КД) фізіоживлін + P: ростових процесів, коренебезпеченості рослин, маркерів стійкості (активності антиоксидантних ферментів та АТФази) разом із оцінкою функціональної активності фотосинтетичного апарату та продуктивності пшениці м'якої.

### МЕТОДИКА

Дослідження дії позакореневої обробки КД фізіоживлін + P (Україна) (N – 19,1–21,1%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 5,0–16,0%, K<sub>2</sub>O – 16,0–16,5%, CaO – 8%, MgO – 4,0%, SO<sub>3</sub> – 6,0–8,8%, B – 0,02%, Mn – 0,1%, Zn – 0,01%, Cu – 0,05%, Fe – 0,3%, Mo – 0,01%, Li – 0,005% – мікроелементи в хелатній формі ЕДТА) на продуктивність з використанням пшениці (дворучки) озимої *Triticum aestivum* L. сорту Зимоярка проводили у 2014–2016 рр. Рослини пшениці вирощували на дослідних ділянках Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. Площа дослідної ділянки 50 м<sup>2</sup>, ґрунт дерново-підзолистий. Повторність чотириразова. У ґрунт перед посівом вносили N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (аміачна селітра, гранульований суперфосфат і калій хлористий). Для фонові обробки застосовували фунгіциди квадрис 250 SC (діюча речовина (д.р.) 200 г/л азоксистробіну, клас стробілуринів) та скор 250 ЕС (д.р. 250 г/л дифеноконазолу, клас триазолів) (Сингента, Швейцарія) з розрахунку норми витрати 0,5 л/га. Дворазове підживлення КД проводили у фазі кушіння і виходу у трубку. Обприскування посівів виконували за допомогою ручного обприскувача.

Дослідження проводили за схемою: основний дослід (1) – обробка водою (контроль); фізіоживлін + P у нормі 6,0 л/га; додатковий дослід (2) – обробка водою інтактних рослини (контроль I); механічна інокуляція рослин вірусом смугастої мозаїки пшениці (ВСМП) + обробка водою (контроль II); обробка КД фізіоживлін + P у нормі 6,0 л/га інтактних рослин; механічна інокуляція рослин ВСМП + обробка КД фізіоживлін + P у нормі 6,0 л/га.

Зараження рослин проводили методом механічної інокуляції листків свіжоприготованим вірусомісним матеріалом. Виділення вірусного матеріалу проводили шляхом гомогенізації свіжозрізаних листків хворих рослин з чіткими симптомами ВСМП з додаванням 0,1 М фосфатного буферу рН 7,0. Рослинний гомогенат фільтрували через капронове сито та використовували для механічного зараження рослин. Як абразив використовували карборунд, яким рівномірно обпудрювали лиски рослин. Інфікування рослин здійснювали за допомогою скляного шпателя або пальцями в одноразових рукавичках, змочених в інокулюмі. Надлишок інокулюму змивали водою (Методи ..., 1987, Поліщук та ін., 2005).

У коренях пшениці через 3, 6 і 9 діб після обробки КД визначали активність антиоксидантних ферментів: каталази (КФ 1.11.1.6) і неспецифічних пероксидаз (КФ 1.11.1.7).

Активність каталази визначали за кількістю пероксиду водню, розкладеного за одиницю часу (Воскресенская и др., 2006).

Активність неспецифічних пероксидаз досліджували за методом Бояркіна, в основі якого визначення швидкості реакції окиснення бензидину. Вміст продукту реакції у реакційній суміші визначали спектрофотометрично за  $\lambda = 670$  нм (Гавриленко и др., 1975).

АТФазну активність у листках і коренях пшениці визначали за розкладанням АТФ з наступним аналізом неорганічного фосфату за утворенням фосфорно-молібденового комплексу (Сквирская, Чепинога, 1964; Воскресенская и др., 2006).

Активність фотосинтетичного апарату досліджували на прапорцевих листках біофізичним методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) (Брайон та ін., 2000; Корнеев, 2002). Вимірювання індукційних змін флуоресценції хлорофілу здійснювали за допомогою портативного флуориметра вітчизняного виробництва «Флоротест». Для вимірювання відбирали прапорцеві листки приблизно однакового розміру. Темнову адаптацію перед вимірюванням, що становила не менше 20 хв, здійснювали, одягаючи на листок чохол із щільного паперу. У кожному варіанті робили по п'ять вимірювань.

Параметри, що аналізувалися: фонові флуоресценція ( $F_0$ );  $F_v/F_m$  – квантова ефективність фотохімії;  $qF = (F_m - F_t)/F_t$  – гасіння флуоресценції;  $K_{pl} = (F_{pl} - F_0)/F_v$  – кількість Q<sub>B</sub>-невідновлювальних комплексів, що не беруть участі у лінійному транспорті електронів;

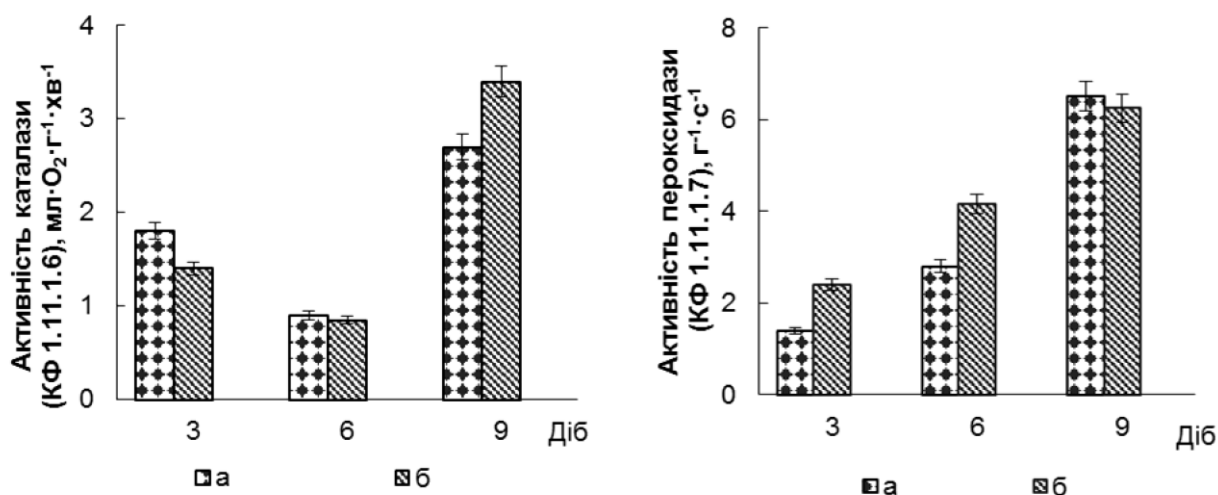


Рис. 1. Активність каталази і пероксидази тканин коренів за позакореневої обробки рослин пшениці сорту Зимоярка КД: а – контроль; б – КД фізіоживлін + Р (дослід 2016 р.).

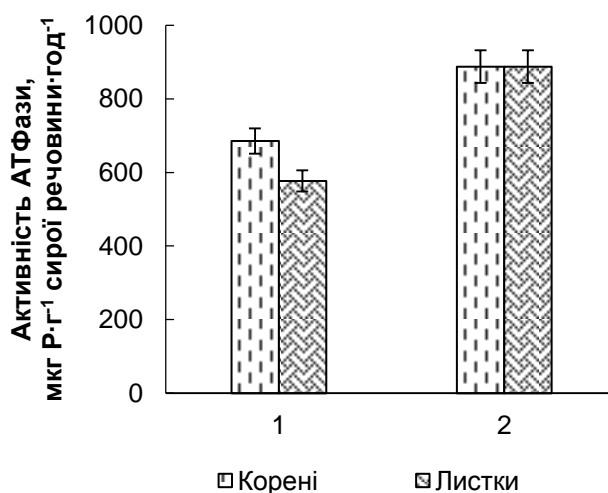


Рис. 2. Активність АТФази тканин листків і коренів за позакореневої обробки рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка КД: 1 – контроль; 2 – КД фізіоживлін + Р (дослід 2016 р.).

$K_i = (F_m - F_i) / F_m$  – коефіцієнт індукції хлорофілу, що характеризує ефективність перебігу темнових біохімічних процесів і корелює із активністю рибулозобісфосфаткарбоксилази (РБФК), максимуму флуоресценції ( $F_m$ ), що йде при закритих центрах;  $\frac{1}{2} t$  – половина часу досягнення варіабельної флуоресценції;  $F_v / F_0$  – відображує ефективність використання енергії збудження у ФС II;  $F_i / F_0$ , що корелює з водним статусом листків (Брайон та ін., 2000; Stirbet, Govindjee, 2011; Гольцев и др., 2016).

Площу кореневої системи визначали за модифікованою методикою Колосова (Гуляєв, Карлова, 2010) спектрофотометрично (при довжині хвилі 700 нм) за зміною концентрації метиленового голубого у вихідному розчині відомої концентрації при зануренні у нього коренів на 1 хв.

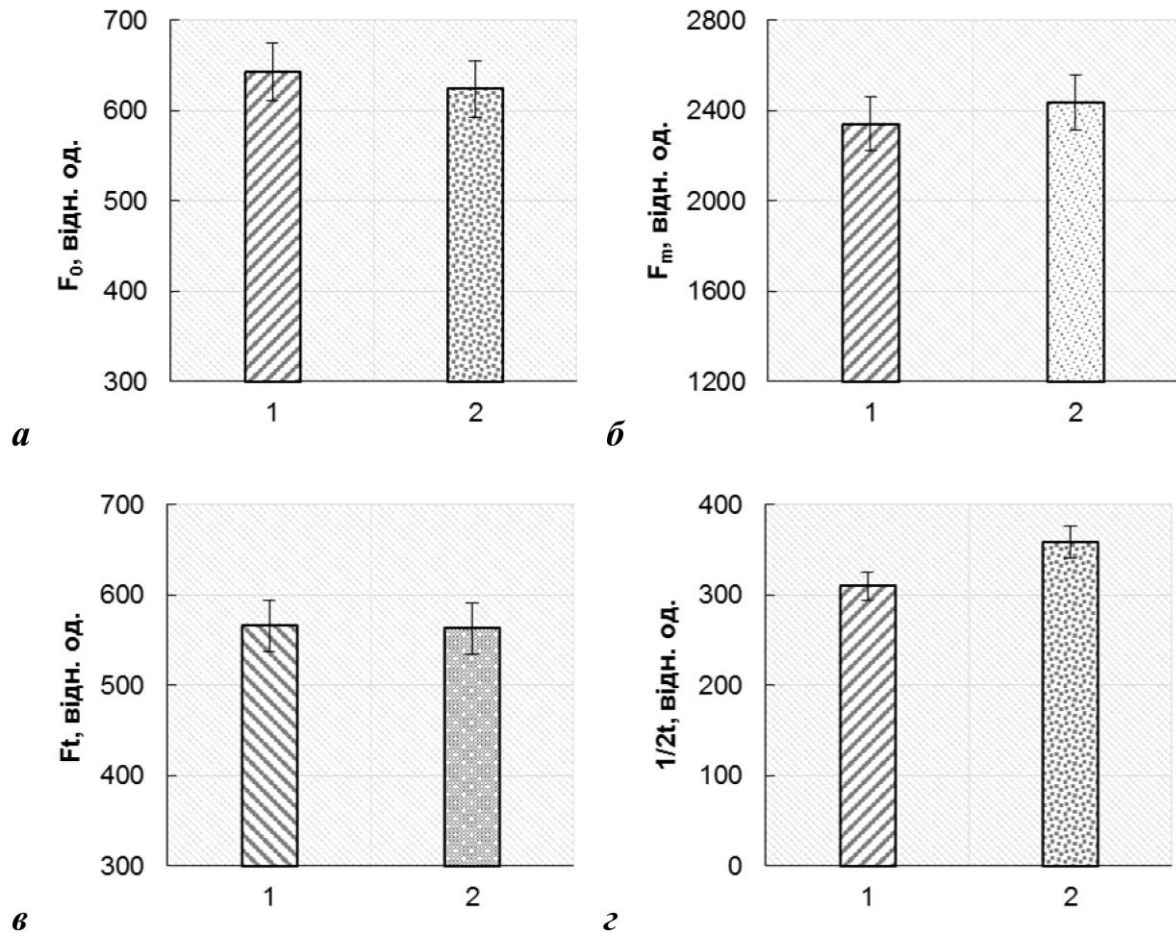
Площу листків рослин пшениці розраховували за добутком параметрів довжини на ширину листка з використанням коефіцієнта 0,7.

За одержаними результатами розраховували середнє арифметичне та похибку середнього арифметичного (Доспехов, 1985) з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel та Statistica 8.0.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Після обробки КД спостерігалось поступове збільшення активності пероксидази у листках пшениці (рис. 1). Активність каталази змінювалася дещо інакше: знижувалася через 3 доби після обробки та підвищувалася через 9 діб. В цілому відзначалася вища активність антиоксидантних ферментів у рослин дослідного варіанта.

**ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДОБРИВА ФІЗИОЖИВЛІН + P**



**Рис. 3. Параметри ІФХ (а –  $F_0$ ; б –  $F_m$ ; в –  $F_t$ ; г –  $1/2t$ ) листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД через добу після підживлення: 1 – контроль; 2 – КД фізіоживлін + P (фаза виходу в трубку) (дослід 2016 р.).**

Одним з показників енергетичного метаболізму може бути активність АТФази (Вороніна та ін., 2000). Під впливом КД спостерігалося її зростання в коренях і листках рослин (рис. 2).

Для підтримання високої асиміляційної активності рослини необхідне інтенсивне поглинання води і мінеральних елементів із ґрунту, що відбувається завдяки активності кореневих волосків. Нами встановлено, що позакореневе підживлення дослідних рослин КД призводило до зростання маси і об'єму кореневої системи та площі листового апарату через тиждень після другої обробки (таблиця). Загальна площа коренів у розрахунку на рослину також зростала на 5,3% за позакореневої обробки КД. Ймовірно, що саме кращий розвиток поглинальної частини коренів за обробки КД сприяв збільшенню загальної площі кореневої системи. Отже, обробка КД сприяла поліпшенню розвитку листового апарату й кореневої системи, а також і загальній коренебезпеченості рослин пшениці.

Відомий зв'язок продуктивності і активності фотосинтетичного апарату, яка підтримує продукування біомаси завдяки асиміляції вуглецю у процесі фотосинтезу (Гуляев, 2003).

Нашими попередніми дослідженнями в умовах вегетаційного досліду, де проводилися вимірювання газообміну  $CO_2$  прапорцевих листків у фазі колосіння-цвітіння, показано збільшення інтенсивності фотосинтезу на 33% і транспірації в 1,8 раза за обробки рослин пшениці сорту Зимоярка КД (Богдан, Гуляева, 2014). Разом із тим, для з'ясування змін стану і активності фотосинтетичного апарату в польових умовах ми застосували один із сучасних експрес-методів – метод індукції флуоресценції хлорофілу (Нестеренко и др., 2007; Рибейро и др., 2008; Henriques, 2009).

За розрахунками основних параметрів ІФХ, встановлено зниження фонові флуоресценції –  $F_0$  (рис. 3), що відображує зниження енергетичних втрат при міграції енергії збудження по пігментній матриці та стаціонарного

Площа листків і коренів та загальна коренебезпеченість рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД (фаза колосіння-цвітіння)

Варіант досліду	Загальна площа		Робоча площа коренів, м <sup>2</sup> /рослину	Співвідношення робоча/загальна
	листіків, см <sup>2</sup> /рослину	коренів, м <sup>2</sup> /рослину		
Контроль	60,5±2,42	3,8±0,15	1,54±0,06	0,40
КД фізіоживлін + Р	72,4±4,1*	4,0±0,3	1,72±0,07*	0,43

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

рівня флуоресценції –  $F_t$  (рис. 3), що віддзеркалює рівновагу між процесами акумуляції енергії у зв'язках АТФ і НАДФН та витратами цієї енергії у процесах темної фіксації вуглецю. Зокрема, відомо, що за стресових умов рівень  $F_t$  зростає, що свідчить про затримку досягнення стаціонарного рівня флуоресценції (Корнеєв, 2002; Гольцев и др., 2016). У той же час за дії КД спостерігалось зростання максимуму флуоресценції ( $F_m$ ) (рис. 3), що йде при закритих

центрах й залежить у тому числі від вмісту хлорофілу у тканинах листка (Гольцев и др., 2016). Також за дії КД спостерігалось зростання часу досягнення половини варіабельної флуоресценції –  $\frac{1}{2} t$  (рис. 3), що віддзеркалює збільшення пулу акцепторів електронів (Брайон та ін., 2000).

Розрахунок параметру потенційної квантової ефективності фотохімії ФС II –  $F_v/F_m$  показав тенденцію до зростання цього показника

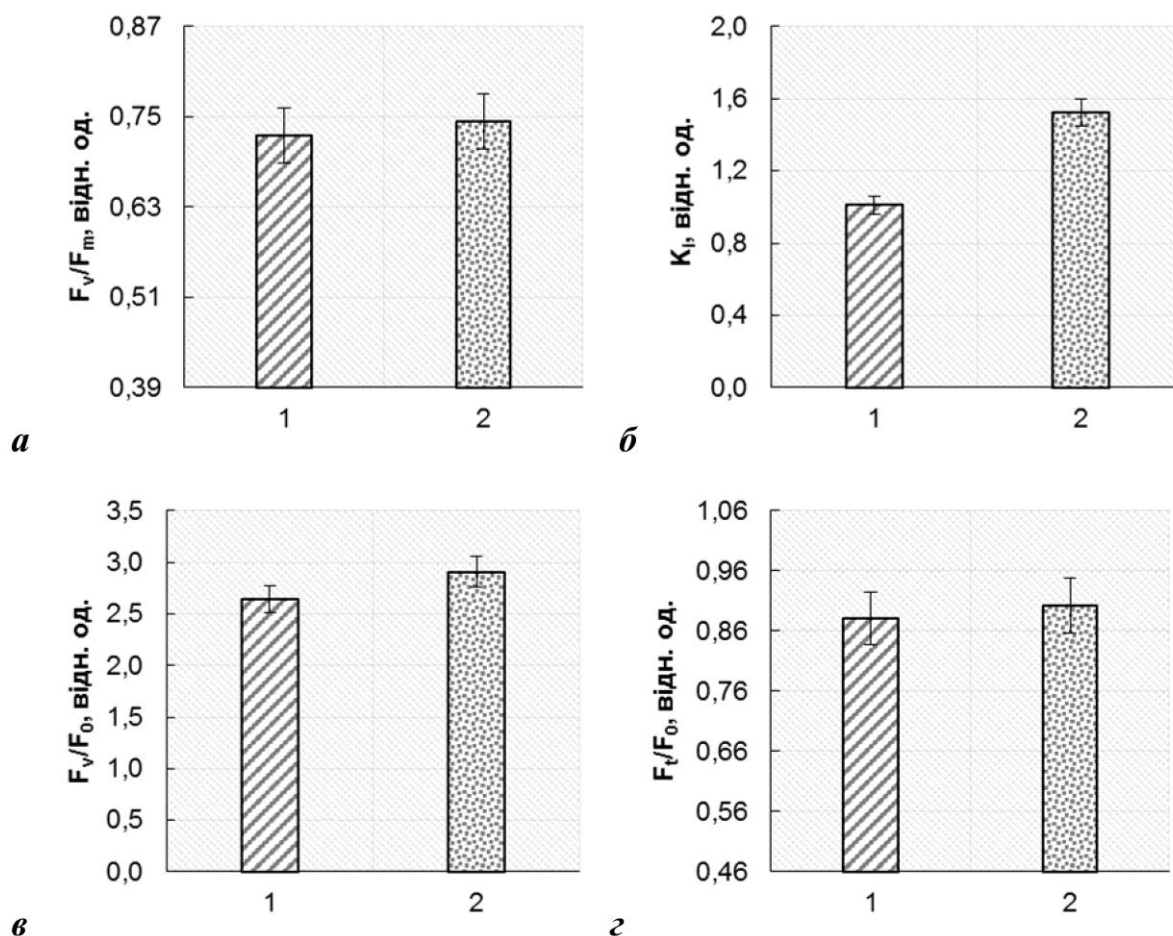
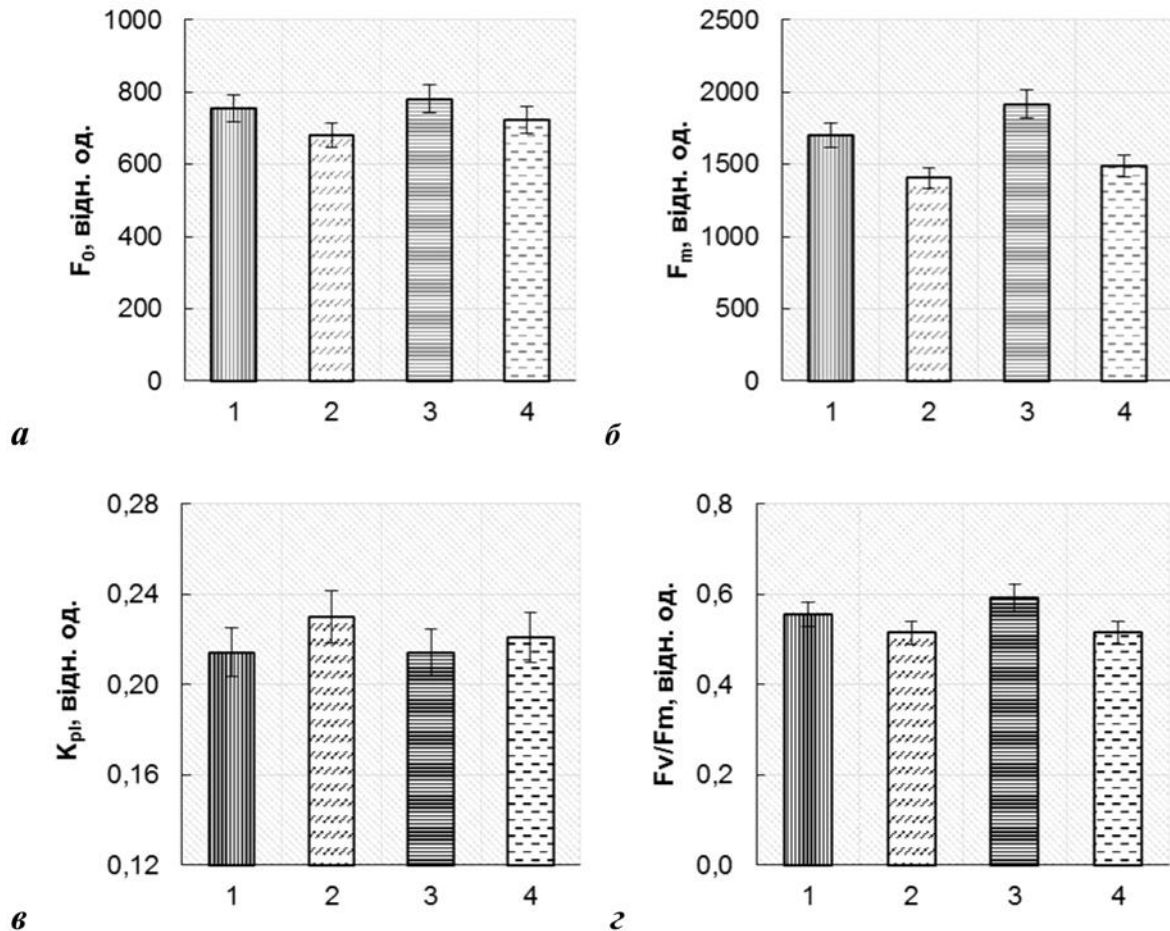


Рис. 4. Індукційні показники флуоресценції хлорофілу (а –  $F_v/F_m$ ; б –  $K_1$ ; в –  $F_t/F_0$ ; г –  $F_v/F_0$ ) листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД через добу після підживлення: 1 – контроль; 2 – КД фізіоживлін + Р (фаза виходу в трубку) (дослід 2016 р.).

**ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДОБРИВА ФІЗІОЖИВЛІН + P**



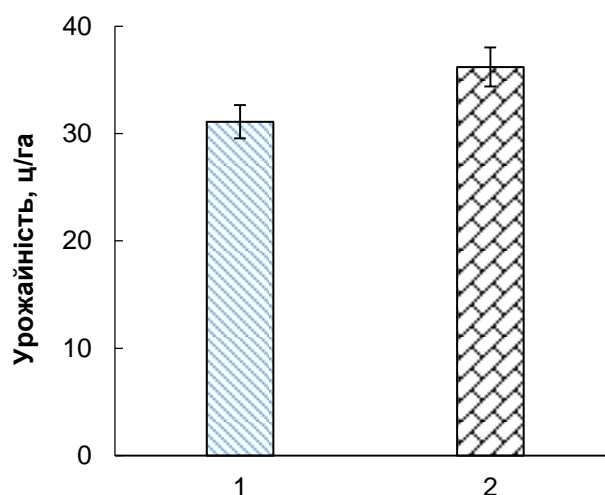
**Рис. 5.** Індукційні показники швидкої фази флуоресценції хлорофілу (*a* –  $F_0$ ; *б* –  $F_m$ ; *в* –  $K_{pl}$ ; *г* –  $F_v/F_m$ ) листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД фізіоживлін + P: 1 – контроль I (інтактні рослини); 2 – контроль II (інфіковані рослини ВСМП); 3 – КД фізіоживлін + P (інтактні рослини); 4 – КД фізіоживлін + P (інфіковані рослини ВСМП) (дослід 2016 р.).

за дії добрива на рослини (рис. 4). Найбільш суттєво підвищувалася величина індукційного коефіцієнта ( $K_i$ ) – на 50%, що віддзеркалює активність РБФК та корелює із темною фіксацією вуглецю. Проте відсутність змін параметру гасіння флуоресценції за дії КД, який залишався на контрольному рівні ( $qF = 0,8$ ), свідчить про можливе зростання процесу фотодихання завдяки оксигеназній активності РБФК. Варто відзначити, що хоча у процесі фотодихання і витрачаються акумуляовані асиміляти, він захищає фотосинтетичний апарат від фотоокиснення (Wingler et al., 2000).

Діагностуючи зміни, що відбувалися у фотосинтетичному апараті, ми також визначили параметри –  $F_v/F_0$ , що відображує ефективність використання енергії збудження у ФС II, та  $F_v/F_m$ , що корелює з водним статусом листків (Гольцев и др., 2016). Ці величини зростали (рис. 4), що віддзеркалювало поліпшення відповідних процесів.

Хоча застосування добрив не є засобом боротьби із фітопатогенами, проте ми припустили, що індукція стійкості при застосуванні КД може сприяти підтриманню фітоімунітету, знижуючи негативний ефект інфекційного навантаження на рослину, зокрема фотосинтетичний апарат, а отже затримати його деградацію. Тому наступним етапом нашого дослідження стало визначення впливу КД фізіоживлін + P на стан фотосинтетичного апарату рослин пшениці, уражених ВСМП.

За обробки інтактних рослин КД відзначена тенденція до поліпшення квантової ефективності фотохімії ФС II (на 5,4%) за зростання максимуму флуоресценції –  $F_m$  (на 12,8%) у швидкій фазі флуоресценції (рис. 5). У листках рослин, уражених ВСМП (через шість тижнів), знижувалася фонова –  $F_0$  і максимальна флуоресценція –  $F_m$  на 9,7 і 17,3% відповідно та квантова ефективність фотохімії ФС II –  $F_v/F_m$  – на 9% (рис. 5), що свідчить про поступове скоро-



**Рис. 6.** Вплив дії КД на зернову продуктивність рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка: 1 – контроль; 2 – КД фізіоложивлін + Р (фаза повної стиглості зерна) (середнє за дослідями 2014-2016 рр.).

чення світлозбиральної антени ФС II завдяки деградації пігмент-білкових комплексів в її складі.

Деяке зростання величини  $K_{pl}$  (на 9,5%) за цих умов відповідало збільшенню  $Q_{в-невідновлювальних}$  комплексів, що не беруть участі у лінійному транспорті електронів в електрон-транспортному ланцюгу. Обробка КД інфікованих вірусом рослин показала лише тенденції змін флуоресцентних параметрів порівняно з інфікованими рослинами без обробки добривом, що, ймовірно, зумовлено коротким строком від початку зараження. Відзначено тенденції до зростання показників  $F_0$  і  $F_m$  (на 5,5 і 5,1%) та тенденцію до зниження величини  $K_{pl}$  (на 4,7%) (рис. 5).

Отже, це явище за обробки КД уражених ВСМП рослин пшениці ймовірно було опосередковано активацією оксигеназної активності РБФК і зростанням частки фотодихання, що здатне захищати фотосинтетичний апарат від фотоінгібування і фотодеструкції завдяки утилізації надмірної кількості енергетичних еквівалентів (Стасик, 2009).

Разом із тим, не лише активність фотосинтетичного апарату, а й ефективність використання асимільованого вуглецю за дії певних чинників відбивається на формуванні урожаю (Гуляєв, 2003).

Нами показано, що при позакореневій обробці КД зростала зернова продуктивність на 16,4% за обробки КД фізіоложивлін + Р щодо контролю (рис. 6).

Аналізом елементів продуктивності пшениці у досліді із ВСМП-інфікуванням встанов-

лено їх погіршення: маса зерна головного колоса знижувалась на 1,3 г (73,2%), а бічних на 1,2 г (92,4%) порівняно зі здоровими рослинами. Проте, як ми і очікували, обробка рослин, інфікованих ВСМП, КД фізіоложивлін + Р сприяла покращенню елементів продуктивності пшениці, а саме підвищувала кількість зерен у колосі на 11,9 зерен та масу зерен на 0,55 г порівняно з рослинами, інфікованими ВСМП. Застосування ж КД на здорових рослинах пшениці сприяло суттєвому поліпшенню досліджуваних елементів продуктивності – на 0,11 та 0,51 г відповідно. Отже, застосування КД на інфікованих вірусом рослинах дозволяє дещо знизити втрати продуктивності, хоча і не до рівня здорових рослин.

Таким чином, підживлення рослин пшениці комплексним добривом призводило до поліпшення розвитку асиміляційного апарату та кращої коренебезпеченості рослин, а також посилення функціонування ферментативних протекторних систем (антиоксидантних ензимів і АТФази) в тканинах рослин.

Методом індукції флуоресценції хлорофілу виявлено, що у дослідних рослин пшениці поліпшувалася функціональна активність фотосинтетичного апарату, що сприяло зниженню непродуктивних витрат квантової енергії світла, підвищенню квантової ефективності фотохімії фотосистеми (ФС) II та зростанню потенційної активності фотосинтезу.

Виявлено, що обробка уражених ВСМП рослин пшениці КД фізіоложивлін + Р стабілізує функціонування фотосинтетичного апарату і показники продуктивності.

**ЛІТЕРАТУРА**

- Битюцкий Н.П.* Необходимые микроэлементы растений. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2005. – 255 с.
- Богдан М.М., Гуляева Г.Б.* Вплив позакореневого підживлення комплексним мікродобривом на фотосинтетичний апарат і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої // Сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции в науке и образовании», Олыштын, 27-28 февраля 2014 г. – Олыштын, 2014. – С. 10-15.
- Богдан М.М., Карпенко В.П., Гуляева Г.Б., Патица В.П., Ткачук К.С.* Комплексні хелатовані добрива у посівах пшениці: науково-методичні рекомендації. – К.: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 32 с.
- Брайон О.В., Корнеев Д.Ю., Снегур О.О., Китаев О.І.* Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. – 15 с.
- Вороніна Л.М., Десенко В.Ф., Мадієвська Н.М., Кравченко В.М., Сахарова Т.С., Савченко Л.Г., Шонно Н.А.* Біологічна хімія. – Х.: Основа, 2000. – 608 с.
- Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г.* Большой практикум по биоэкологии. – Йошкар-Ола, 2006. – Ч. 1. – 107 с.
- Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.* Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание / Под ред. Б.А. Рубина – М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
- Газарян И.Г., Шушпульян Д.М., Тишков В.И.* Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений // Успехи биол. химии. – 2006. – Т. 46. – С. 303-322.
- Граскова И. А., Живетьев М. А., Путилина Т. Е., Краснобаев В. А., Войников В.К.* Активность и изоферментный спектр пероксидазы листьев некоторых видов травянистых растений, произрастающих на берегах озера Байкал, при абиотическом стрессе // Электронный науч. журн. «Исследовано в России». – 2010. – С. 293-303.
- 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. – Т. 63, № 6. – С. 881-907.
- Гуляев Б.И.* Фотосинтетическая продуктивность агроэкосистем // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 5. – С. 371-381.
- Гуляева Г.Б., Богдан М.М.* Вплив обробки біологічно активними речовинами на ферментативну активність компонентів антиоксидантної системи рослин озимої пшениці // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2013. – Т. 12. – С. 207-211.
- Гуляев Б.І., Карлова Г.Б.* Коренебезпеченість рослин пшениці озимої за зерновою продуктивністю // Вісн. аграрн. науки. – 2010. – № 12. – С. 25-26.
- Давыдова Г.Ф., Ермаков О.А., Панасенко А.И., Тищенко А.М.* Лекарственные препараты из растительного сырья. Пероксидаза // Химия растительного сырья. – 1998. – № 1. – С. 15-18.
- Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Казина Н.М.* Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Poaceae* к тяжелым металлам: Дисс. ... докт. биол. наук. – Петрозаводск, 2016. – 358 с.
- Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О.* Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан // Зб. наук. пр. Уманського нац. ун-ту садівництва. – 2013. – Вип. 83. – Ч. 1. – С. 19-25.
- Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Обозный А.И.* Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров // Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2011. – Вип. 1 (22). – С. 6-34.
- Корнеев Д.Ю.* Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла – К.: Альтерпрес, 2002. – 191 с.
- Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений / Пер. с нем. К.В. Попковой, В.А. Шмыгли.* – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
- Мирошниченко О.С.* Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы // Биополимеры и клетка. – 1992. – Т. 8, № 6. – С. 3-25.
- Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н.* Индукция флуоресценции хлорофилла и оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям // Журн. общ. биологии. – 2007. – Т. 68, № 6. – С. 444-458.
- Николаевский В.С.* Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. – М., 1998. – 64 с.
- Поліщук В.П., Будзанівська І.Г., Шевченко Т.П.* Посібник з практичних занять до курсу «Загальна вірусологія». – К.: Фітосоціоцентр. – 2005. – 204 с.
- Рибейро Р.В., Сантос М.Г., Мачадо Е.С., Оливейра Р.Ф.* Фотохимическая реакция листьев фасоли на тепловой стресс после предварительного водного дефицита // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 3. – С. 387-396.
- Стасик О.О.* Роль фотодихання в регуляції фотосинтезу, продуктивності та стійкості рослин до аби-



## БОГДАН, ГУЛЯЄВА, ПАТИКА

- отичних стресів: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – К., 2009. – 38 с.
- Сквирская Э.Б., Чепинога О.П. Практикум по нуклеопротеидам и нуклеиновым кислотам. – М.: Высш. шк., 1964. – 214 с.
- Чиркова, Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. – 244 с.
- Bakalova S., Nikolova A., Nedeva D. Isoenzyme profiles of peroxidase, catalase and superoxide dismutase as affected by dehydration stress and ABA during germination of wheat seeds // Bulg. J. Plant Physiol. – 2004. – V. 30, № 1-2. – P. 64-77.
- Bolwell G.P., Wojtaszek P. Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defense – a broad perspective // Physiol. Mol. Plant Pathol. – 1997. – V. 51. – P. 347-366.
- Henriques F.S. Leaf chlorophyll fluorescence: background and fundamentals for plant biologists // Bot. Rev. – 2009. – V. 75. – P. 249-270.
- 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. B: Biology. – 2011. – V. 104, Iss. 1-2. – P. 236-257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
- Wingler A., Lea P.J., Quick W.P., Leegood R.C. Photorespiration: metabolic pathways and their role in stress protection // Phil. Trans. Roy. Soc. B. – 2000. – V. 355. – P. 1517-1529.

Надійшла до редакції  
25.12.2016 р.

## EFFECT OF COMPLEX FERTILIZERS FIZIOZHIVLIN + P ON STATE OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND OTHER PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF SOFT WHEAT

M. M. Bohdan, A. B. Gulyaeva, V. P. Patyka

*D.K. Zabolotny Institute Microbiology and Virology of  
National Academy of Sciences of Ukraine  
E-mail: b\_mi@ukr.net*

Application of top-dressing with complex fertilizer fiziozhivlin + P, containing macro- and microelements, promoted the development of the leaf apparatus and the root system of wheat plants of the Zimoyarka variety. Using the chlorophyll fluorescence induction method it was established that the photosynthetic apparatus of wheat plants treated with complex fertilizer characterized by more efficient use of quantum light energy. It was found that the complex fertilizer treatment of wheat plants, infected by the wheat streak mosaic virus, can be a technique allowing to stabilize the state of photosynthetic apparatus. It was shown that treatment by complex fertilizers promoted increasing grain productivity of wheat.

**Key words:** *Triticum aestivum*, complex fertilizer fiziozhivlin+P, root system, photosynthetic apparatus, grain productivity

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ ФИЗИОЖИВЛИН + P НА СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И ДРУГИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ

М. М. Богдан, А. Б. Гуляева, В. Ф. Патыка

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного  
Национальной академии наук Украины  
(Киев, Украина)  
E-mail: b\_mi@ukr.net*

Применение внекорневой подкормки комплексным удобрением физиоживлин + P, содержащим макро- и микроэлементы, способствовало улучшению развития листового аппарата и корневой системы растений пшеницы сорта Зимоярка. Методом индукции флуоресценции

## **ВЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ДОБРИВА ФІЗИОЖИВЛІН + Р**

хлорофилла установлено, что фотосинтетический аппарат растений, обработанных комплексным удобрением, характеризовался более эффективным использованием квантовой энергии света. Выявлено, что обработка комплексным удобрением растений, зараженных вирусом полосатой мозаики пшеницы, может быть приемом, позволяющим стабилизировать состояние фотосинтетического аппарата. Показано, что обработка комплексным удобрением способствует увеличению зерновой продуктивности пшеницы.

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum*, комплексное удобрение физиоживлин + Р, корневая система, фотосинтетический аппарат, зерновая продуктивность