

УДК 633.11:633.491:631.8:581.142:58.032.3

ПОГЛИНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА РІЗНИХ ДОЗ ТА СПОСОБУ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ ОПТИМАЛЬНОГО ТА НЕДОСТАТНЬОГО ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В.М. Ходос, П.В. Вайда

Поглинання елементів живлення та продуктивність озимої пшениці за різних доз та способу застосування мінеральних добрив в умовах оптимального та недостатнього водозабезпечення. – В.М. Ходос, П.В. Вайда. – Мінеральні добрива важливий засіб впливу на продуктивність сільськогосподарських культур, в тому числі озимої пшениці, яка займає провідне місце в структурі зернових України. Однак, за умов водного дефіциту ефективність використання рослинами елементів живлення з внесених у ґрунт добрив суттєво погіршується, внаслідок підвищення осмотичних властивостей ґрунтового розчину, що пригнічує поглинання води та мінеральних іонів. Одним із засобів, який за умов посухи значною мірою поліпшує процес мінерального живлення і позитивно впливає на врожай озимої пшениці, може бути позакореневе підживлення рослин 0,5-1% водними розчинами нітроамфоски. В статті наведено результати лабораторних, з приміненням радіоактивних ізотопів, і польових досліджень, які засвідчують позитивний вплив позакореневого підживлення рослин на поглинання мінеральних елементів з ґрунту та продуктивність озимої пшениці.

Ключові слова: озима пшениця, водний дефіцит, мінеральне живлення, радіоактивні ізотопи, позакореневе підживлення.

Адреса: Ужгородський національний університет, кафедра генетики, фізіології рослин і мікробіології, вул. А. Волошина, 32, м. Ужгород, 88000, Україна. E-mail: bio@univ.uzhgorod.ua

Absorption of nutritive elements and winter wheat productivity at different doses and methods of application of the mineral fertilizers at the optimum and deficient water supply. – V.M. Chodos, P.V. Vayda. – Mineral fertilizers are important in influention onto plants productivity, particularly, of winter wheat, the main crop in cereal production in Ukraine. However, at the conditions of water deficiency the effectiveness of the utilization of fertilizers applied to soil significantly decreased. It occurs due to increase of osmotic properties of the soil solution and inhibition of water and mineral ions absorption. The application of 0,5-1% water solution of nitroammophos to the above ground plant parts has a positive influention onto winter wheat nutrition and harvest. This article contains results of application of radioactive isotopes in laboratory and field trials. They proved the positive influention of the application of fertilizers onto above-ground parts of plant on absorption of minerals from soil and on productivity of winter wheat.

Key words: winter wheat, water deficiency, mineral nutrition, radioactive isotopes, application of fertilizers, above-ground plant parts.

Address: Uzhhorod National University, 32, A. Voloshyn St., 88000, Ukraine: E-mail: bio@univ.uzhgorod.ua

Мінеральне живлення – один з визначальних факторів, що суттєво впливає на інтенсивність і спрямованість фізіолого-біохімічних процесів та продуктивність рослин [1-4]. Воно здійснюється в основному через кореневу систему шляхом поглинання неорганічних іонів з ґрунтового розчину разом з водою. Мінеральні елементи фундаментально впливають на клітинний метаболізм – синтез білків, гормонів, функціонування ферментів тощо, а також приймають участь в осмотичній регуляції клітин, зокрема у підтриманні їх тургесцентності, що забезпечує ріст рослин. [5-7]. Оптимальний баланс основних елементів живлення забезпечується шляхом внесення в ґрунт мінеральних доб-

рив. Тому раціональне застосування мінеральних добрив є важливим засобом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, в тому числі озимої пшениці, яка є стратегічною для України. Однак, ефективне використання рослинами елементів мінерального живлення з ґрунту можливе тільки за достатнього водозабезпечення, оскільки в умовах посухи їх поглинання значно гальмується і практично мало залежить від кількості внесених добрив. Встановлено, що в умовах водного дефіциту внесення в ґрунт підвищених доз мінеральних добрив не забезпечує їх позитивного впливу на основні параметри продуктивності озимої пшениці-масу 1000 зерен та урожай зерна з

1га. Це зумовлено тим, що вода є необхідним життєвим компонентом біологічних систем і середовищем для протікання синтетичних і метаболічних реакцій [8-14], тому при дефіциті вологи активність функціонування рослин на всіх етапах вегетації суттєво пригнічується, в результаті чого спостерігається значне зниження урожайності сільськогосподарських культур [15-17], зокрема і через неефективне використання мінеральних елементів з ґрунту [18]. Нами досліджено вплив позакореневого підживлення рослин на поглинання мінеральних елементів з ґрунту та продуктивність озимої пшениці за умов водного дефіциту, оскільки це питання на сьогодні ще остаточно не з'ясовано [19, 20].

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили в лабораторних і польових умовах. В польових умовах вивчали вплив різних доз NPK і позакореневого підживлення рослин на проростання насіння і продуктивність озимої пшениці сорту Поліська 90.

Експерименти проводили на дослідному полі Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (с. Глеваха Васильківського району Київської області) на темно-сірому опідзоленому ґрунті, що характеризувався наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу становив-2,04-3,78%, NO_3 -25,0-36,0, P_2O_5 -21,0-26,0 K_2O -7,0-12 мг/ 100г ґрунту, сума поглинутих основ-10,0-13,0, рН сольової витяжки 5,20-5,25 гідролітична кислотність 2,10-2,75 мг екв на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами-80-85%.

Дослід включав наступні варіанти мінерального живлення: $\text{N}_{30} \text{P}_{30} \text{K}_{30}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{90} \text{P}_{90} \text{K}_{90}$ діючої речовини NPK на 1га. В якості азотних добрив використовували аміачну селітру (34% NH_4NO_3), фосфорних-суперфосфат (19% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), калійних-калійну сіль (40% KCl).

Добрива вносили поділяючно, вручну – восени під передпосівну культивуацію, весною – по тало-мерзлому ґрунті. Розмір дослідних ділянок-15 m^2 . В досліді використовували озиму пшеницю сорту Поліська 90. Посів пшениці проводили вручну, насінням не нижче 1-го класу посівного стандарту в оптимальні строки для даної зони (10 вересня). Польовий дослід проводився протягом ряду років, значна частина з яких характеризувалася недостатньою кількістю опадів у період посіву зерна, осінньої, весняної та літньої вегетації пшениці. В посушливі роки вивчали вплив водного дефіциту на ростові процеси та продуктивність озимої пшениці (масу 1000 зерен і величину врожаю в перерахунку на 1га) залежно від рівня кореневого мінерального живлення та позакорене-

вого підживлення рослин 0,5 – 1% розчинами нітроамофоски.

Лабораторний дослід проводили у посудинах місткістю 1 dm^3 темно-сірого опідзоленого ґрунту, взятого з дослідного поля. Він включав аналогічні польовому досліді варіанти мінерального живлення – $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$, $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. Визначення дози NPK на вегетаційну посудину проводили пропорційно кількості добрив, внесених у польових умовах з розрахунку на 1 га – 1000 000 dm^2 . Враховуючи те, що при внесенні добрив у польових умовах вони розміщуються переважно у верхньому – 10 сантиметровому горизонті ґрунту підраховували необхідну кількість азоту, фосфату і калію на 1 дц^3 , що становило залежно від рівня мінерального живлення відповідно по 30, 60, 90 мг діючої речовини NPK на посудину. Кожен рівень мінерального живлення у лабораторному досліді містив варіант з оптимальною (60% ПВ) і недостатньою (30% ПВ) вологістю ґрунту.

З метою вивчення інтенсивності поглинання катіонів та аніонів рослинами пшениці за різного рівня мінерального живлення та водозабезпечення в посудини з допомогою шприца рівномірно, по всьому об'єму ґрунту, вводили радіоактивні ізотопи ^{45}Ca , ^{86}Rb (аналог калію) та ^{32}P у виді розчину солей $^{45}\text{CaCl}_2$, $^{86}\text{RbCl}$ та $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$ - по 5 мл кожного розчину на посудину.

Для позакореневого підживлення рослин в польових і лабораторних умовах застосовували 0,5 – 1,0 розчин нітроамофоски. При цьому в польових умовах проводилось 4-х разове оприскування рослин, починаючи з кінця фази колосіння (перед початком увітнення) з тижневим інтервалом, останнє – в період молочної стиглості зерна.

Повторність польових дослідів –6-ти кратна, лабораторних – 4-х кратна, аналітичних інструментальних вимірювань – 8-10 кратна.

Результати досліджень оброблено статистично [21].

Результати досліджень та їх обговорення

Збалансоване мінеральне живлення рослин, яке забезпечується шляхом внесення у ґрунт науково-обґрунтованих доз NPK, створює оптимальні умови для росту і розвитку пшениці. Однак, за недостатнього водозабезпечення ефективність примінення мінеральних добрив суттєво знижується. Зокрема, нами встановлено, що за умов посухи внесення добрив у передпосівну культивуацію в дозах $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$, $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ діючої речовини на 1 га зумовлювало зниження польової схожості насіння озимої пшениці сорту Поліська 90, яку визначено через три тижні після посіву зерна (посів проведено 10 вересня) (табл. 1).

Таблиця 1. Польова схожість насіння озимої пшениці сорту Поліська 90 в умовах водного дефіциту за різного рівня мінерального живлення

Варіанти дослідів	Контроль (без добрив)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Польова схожість насіння, %	70,1±5,2	63,2±4,1	51,3±6,2	36,3±7,1

Як видно з таблиці 1, в умовах недостатнього водозабезпечення (посушливої осені) внесення у ґрунт мінеральних добрив у передпосівну культувацію негативно впливало на польову схожість насіння озимої пшениці, причому із збільшенням дози добрив до N₆₀P₆₀K₆₀ і N₉₀P₉₀K₉₀ цей показник порівняно до контролю (варіанту без добрив) знижувався відповідно у 1,4 та 1,9 разів. За низької дози добрив (N₃₀P₃₀K₃₀) зниження польової схожості насіння відносно контролю було менш значним – різниця в показниках між даними варіантами (без добрив і N₃₀P₃₀K₃₀) складала всього приблизно 7%.

Причинами суттєвого зниження схожості насіння на мінеральному фоні N₆₀P₆₀K₆₀ і N₉₀P₉₀K₉₀

можуть бути, зокрема, зростання за таких умов осмотичних властивостей ґрунтового розчину, що негативно впливає на функціонування корневих меристем [22], токсична дія на корені підвищеної концентрації мінеральних іонів [18], пригнічення процесу поглинання води на початкових етапах набрякання насіння, яку важко вбирати з концентрованого ґрунтового розчину [16].

Внесення добрив під передпосівну культувацію та у виді ранньовесняного підживлення за посушливої осені і весни не забезпечило зростання продуктивності озимої пшениці, що видно при аналізі даних маси 1000 зерен та величини урожаю зерна з 1 га (табл.2).

Таблиця 2. Вплив різних доз мінеральних добрив, внесених під культувацію та у виді підживлення по таломерзлому ґрунті, на урожай зерна озимої пшениці сорту Поліська 90 за умов водного дефіциту в осінній та весняний період

Варіанти дослідів	Контроль (без добрив)	N30P30K30	N60P60K60	N90P90K90
Маса 1000 зерен, г	33,1±3,2	34,2±5,1	32,0±3,2	31,3±5,2
Урожай зерна, цнт/га	26,2±3,1	27,1±4,2	25,2±4,1	26,1±5,1

Як свідчать дані таблиці 2, ці показники (величина урожаю з 1 га, маса 1000 зерен) практично мало залежали від дози внесених у ґрунт добрив (під передпосівну культувацію та у виді підживлення), оскільки різниці між контролем та іншими варіантами були в межах похибки дослідів. Це є ознакою того, що поглинання елементів живлення з ґрунту за відсутності достатнього зволоження недостатньо активне, внаслідок чого в умовах посухи рослини страждають не тільки від нестачі води у тканинах, але і від мінерального голодування.

З метою вивчення інтенсивності поглинання неорганічних іонів з ґрунту за різного рівня мінерального кореневого живлення та водозабезпечення

нами проведені лабораторні дослідження з застосуванням радіоактивних ізотопів – катіонів ⁴⁵Ca, ⁸⁶Rb та аніонів ³²P. Інтенсивність надходження неорганічних іонів з ґрунту в рослини визначали за радіоактивністю спиртових екстрактів, виділених з надземної частини трьохтижневих проростків пшениці. Підрахунок радіоактивності зразків проводили з допомогою сцинтиляційного лічильника LKB-1211 Racbeta (Швеція). За процесом надходження в рослини радіоактивних катіонів та аніонів опосередковано судили про інтенсивність поглинання та транспорт основних елементів мінерального живлення. Радіоактивності екстрактів з проростків пшениці по варіантах дослідів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Інтенсивність надходження радіоактивних ізотопів в надземну частину проростків пшениці за різного рівня мінерального живлення та водозабезпечення

Варіанти дослідів	Радіоактивність зразків, імп/100с.			
	Контроль (без добрив)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
60% ПВ				
⁴⁵ Cu	245±6	261±12	387±18	418±17
⁸⁶ Rb	341±10	336±8	483±20	516±20
³² P	205±6	208±12	311±14	360±18
30% ПВ				
⁴⁵ Cu	128±11	114±9	131±13	135±18
⁸⁶ Rb	141±18	101±6	138±12	151±14
³⁸ P	98±5	101±6	110±13	115±8

Дані таблиці 3 показують, що в умовах оптимального зволоження (60% ПВ) інтенсивність поглинання рослинами пшениці елементів живлення (радіоактивних ізотопів) з ґрунту суттєво зростає з підвищенням дози добрив. Так, якщо на мінеральному фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ показники радіоактивності екстрактів були на рівні контролю (варіанту без добрив), то на фонах $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ вони перевищували контроль відповідно в 1,4 – 1,6 та 1,5 – 1,8 рази.

За недостатнього водозабезпечення (30 % ПВ) надходження мінеральних іонів у проростки пшениці за різних доз добрив практично не відрізнялось і було в межах похибки досліду, про що свідчить радіоактивність зразків, наведена в таблиці 3. Однак, ґрунтова посуха (вологість ґрунту 30% ПВ) зумовила суттєве гальмування процесу надходження в рослини мінеральних іонів з ґрунту порівняно з оптимальним водозабезпеченням – по

варіантах досліду контроль (без внесення добрив) у 2 – 2,4 рази, $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 2,1-2,4, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 2,8-3,5, $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 3,1-3,4 рази. Таким чином, за умов водного дефіциту поглинання неорганічних іонів з ґрунту із підвищенням дози добрив значно пригнічувалась.

Як відомо, у сільськогосподарській практиці досить часто використовується мінеральне позакореневе підживлення рослин, яке, однак, ще немає глибокого теоретичного обґрунтування, оскільки механізми його впливу на рослини недостатньо з'ясовані. Зважаючи на це, нами, з допомогою мічених атомів, досліджено вплив позакореневого підживлення рослин озимої пшениці 0,5 та 1% розчинами нітроамофоски на поглинання неорганічних іонів з ґрунту за різного рівня кореневого мінерального живлення та водозабезпечення (табл.4).

Таблиця 4. Вплив позакореневого підживлення на поглинання з ґрунту та транспорт в надземну частину проростків пшениці радіоактивних іонів залежно від рівня кореневого мінерального живлення за оптимального зволоження ґрунту (60% вологості ґрунту від ПВ)

Варіанти досліду	Радіоактивність зразків, імп/100 с.			
	Без добрив	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$
Контроль (обприскування водою)				
^{45}Ca	238±6	253±12	389±13	430±14
^{86}Rb	326±16	350±11	490±16	530±17
^{32}P	210±8	215±13	320±11	380±11
Позакореневе підживлення (0,5% р-н нітроамофоски)				
^{45}Ca	260±11	265±13	398±16	460±12
^{86}Rb	350±10	360±17	500±12	540±20
^{32}P	240±16	250±15	350±10	410±13
Позакореневе підживлення (1% р-н нітроамофоски)				
^{45}Ca	278±13	281±19	420±11	480±12
^{86}Rb	370±18	388±18	520±10	560±13
^{32}P	260±13	276±13	370±17	430±18

Як видно з таблиці 4, за достатнього зволоження (60% ПВ) позакореневе підживлення озимої пшениці суттєво не вплинуло на інтенсивність поглинання рослинами радіоактивних іонів з ґрунту, однак при цьому відмічена тенденція до зростання радіоактивності екстрактів виділених з проростків, що були оброблені 0,5 і 1% розчинами нітроамофоски, відносно контролю, тобто де обприскування проводили водою. Слід зауважити, що за даних умов зволоження ґрунту (60% ПВ) інтенсивність поглинання радіоактивних іонів з

підвищенням рівня мінерального живлення (дози добрив $N_{60} P_{60} K_{60}$ і $N_{90} P_{90} K_{90}$) значно зростала порівняно з варіантами “без добрив” та $N_{30} P_{30} K_{30}$.

За дії водного дефіциту інтенсивність поглинання проростками неорганічних іонів з ґрунту порівняно з оптимальним водозабезпеченням знижувалася у всіх варіантах досліду, однак, примінення позакореневого підживлення 0,5 і 1% розчинами нітроамофоски суттєво посилювало їх надходження в рослини пшениці (табл. 4, 5).

Таблиця 5. Вплив позакореневого підживлення на інтенсивність поглинання з ґрунту та транспорт в надземну частину проростків пшениці радіоактивних іонів залежно від рівня кореневого мінерального живлення за умов водного дефіциту (30% вологості ґрунту від ПВ)

Варіанти дослідів	Радіоактивність зразків, імп/100 с.			
	Без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Контроль (обприскування водою)				
⁴⁵ Ca	140±10	143±9	135±11	140±12
⁸⁶ Rb	153±8	156±16	143±12	160±15
³² P	101±8	106±8	113±12	118±13
Позакореневе підживлення (0,5% р-н нітроамфоски)				
⁴⁵ Ca	188±10	230±11	310±15	360±20
⁸⁶ Rb	280±15	295±12	380±14	410±15
³² P	160±11	165±17	250±20	280±13
Позакореневе підживлення (1% р-н нітроамфоски)				
⁴⁵ Ca	109±12	204±12	320±12	380±13
⁸⁶ Rb	290±12	240±12	390±11	430±12
³² P	180±10	181±13	270±13	300±4

Із таблиці 5 видно, що за дії посухи позакореневе підживлення рослин виявилось ефективним за різного рівня кореневого мінерального живлення і, особливо, за зростаючих доз добрив (N₆₀ P₆₀ K₆₀, N₉₀ P₉₀ K₉₀). При цьому значних відмінностей у показниках радіоактивності від застосування 0,5 і 1% розчинів нітроамфоски нами не зафіксовано.

Порівнюючи дані таблиць 4 і 5 можна вирахувати, що за показником інтенсивності надходження мінеральних іонів у проростки пшениці в умо-

вах посухи позакореневе підживлення забезпечує 60-70% від їх поглинання за оптимального зволоження ґрунту (60% ПВ). Таким чином, позакореневе підживлення може бути важливим засобом для поліпшення мінерального живлення рослин пшениці за умов водного дефіциту.

Позитивний вплив позакореневого підживлення на функціональний стан та продуктивність озимої пшениці нами отримано і в результаті проведення польових досліджень (табл. 6).

Таблиця 6. Вплив позакореневого підживлення на масу 1000 зерен та урожай озимої пшениці в посушливий рік (посушливі весна-літо) за різного рівня мінерального живлення.

Варіанти дослідів	Без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Контроль (обприскування водою)				
Маса 1000 зерен, г	33±3	34±4	35±4	35±4
Урожай цнт/га	26±3	27±4	26±3	28±3
Позакореневе підживлення (0,5% р-н нітроамфоски)				
Маса 1000 зерен, г	38±4	38±3	39±4	39±5
Урожай цнт/га	31±5	33±6	35±7	37±4
Позакореневе підживлення (1% р-н нітроамфоски)				
Маса 1000 зерен, г	38±7	38±3	39±6	38±4
Урожай цнт/га	39±3	34±4	36±3	38±3

Як видно з таблиці 6, 4-х разове позакореневе підживлення рослин пшениці в процесі вегетації 0,5 і 1% розчинами нітроамфоски сприяло під-

вищенню маси 1000 зерен в межах 8-11% та урожаю зерна з 1га в межах 25-30%.

Порівнюючи показники маси 1000 зерен та величини врожаю з 1 га можна констатувати, що збільшення врожаю пшениці при застосуванні позакореневого підживлення відбувалося не тільки внаслідок зростання маси 1000 зерен, а й, очевидно, за рахунок інших факторів, зокрема збільшення числа колосків у колосі та числа продуктивних колосів.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

За дефіциту вологи (30% ПВ) рослини озимої пшениці засвоюють з ґрунту лише приблизно половину від тієї кількості елементів мінерального

живлення, яку вони поглинають за оптимального водозабезпечення (60% ПВ)

Збільшення доз добрив за умов посухи негативно впливає на польову схожість насіння пшениці.

Позакореневе підживлення пшениці стимулює процес надходження в рослини неорганічних іонів з ґрунту як за оптимального водозабезпечення (60%ПВ), так і за водного дефіциту (30% ПВ), причому із зростанням рівня мінерального живлення цей процес посилювався.

Позакореневе підживлення озимої пшениці 0,5 і 1 % розчинами нітроамфоски в період вегетації (фази початок цвітіння – наливу зерна) сприяє підвищенню врожаю зерна в посушливий рік на 25-30%.

1. Гудков И.Н., Нижко В.Ф. Приходько Н.В. и др. Физиологические основы повышения эффективности минерального питания растений. – Киев: Наук. думка, 1987. – 180с.
2. Данилова М.Ф. Структурные основы поглощения веществ корнем. – Л.: Наука, 1974. – 206 с.
3. Ткачук К.С., Кузьменко Л.М., Нижко В.Ф. и др. Регуляция минерального питания и продуктивность растений. – Киев: Наук. думка. 1991. – 171 с.
4. Marschner H. Mineral nutrition in higher plants L. etc. – Acad. Press, 1986. – 674 p
5. Mc Nulty I.B. Rapid osmotic adjustment by a succulent halo – phyte to saline shock // Plant Physiol. – 1985. – 78. – P. 100 – 103.
6. Neumann P. M., Volkenburgh E. van, Cleland R. E. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility // Plant Physiol. – 1988. – 88. – P. 233 – 237.
7. Thiel G., Lauchli A. Short – term effects of salinity stress on the turgor and elongation of growing barley leaves // J. Plant Physiol. – 1988. – 132. – P.38 – 44.
8. Альтергот В.Ф., Зубкус О.П. Энергообмен и синтетическая способность пшеницы, поврежденной избытком тепла, в связи с репарирующей способностью корня // Физиология адаптации растений к температурным условиям среды. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 18-25.
9. Григорюк І.П., Ткачов В.І., Михальський М.Ф., Серга О.І. Біоенергетичні основи стійкості озимої пшениці до посухи. – Київ: Наук. світ, 2004. – 202 с.
10. Гусев Н.А. Современные представления о структуре воды и белковых веществ и об их связи с изучением водного режима растений // Водный режим сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1969. – С. 72-93.
11. Жолкевич В.Н. О взаимосвязи водного и энергетического обмена у растений // Водный режим растений в связи с разными экологическими условиями. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1958. – С. 192-211.
12. Ніколайчук В.І., Григорюк І.П., Вайда П.В. Фізіологічні особливості сортів озимої пшениці за різного водозабезпечення та живлення. Ужгород, 2005. – 172 с.
13. Петров А.П. Биоэнергетические основы водного обмена растений // Водный режим растений в связи с разными экологическими условиями. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1978. – С. 281-292.
14. Ходос В.М., Шматько І.Г., Вайда П.В. Синтез цукрів, елементів клітинних оболонок і судинної системи листя пшениці при різному водозабезпеченні // Доп. АН УРСР. Серія: Біологія – 1976. – № 2. – С. 172-175.
15. Генкель П.А. О состоянии и направлении работ по физиологии жаро – и засухостойчивости растений – М.: Наука, 1978. – С. 5-20.
16. Шматько І.Г., Григорюк І.А., Шведов О.Е. Гидратация и метаболические процессы в семенах // Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. – Киев: Наук. думка, 1989. – С. 16-19.
17. Шматько І.Г., Григорюк І.А., Шведова О.Е. Изменение в водном балансе, метаболизме и ростовых процессах при ухудшении водообеспеченности растений и повышенных температурах // Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. – Киев: Наук. думка, 1989. – С. 52-88.
18. Мельничук П.П., Физиологические основы питания растений – основа рационального применения удобрений // Питание и удобрение растений. – Киев: Наук. думка, 1965. – С. 37-47.
19. Загорча К.Л., Манаева Т.А., Индоиту Д.М. Влияние приемов внесения азотных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы на карбонатном черноземе // Питание и удобрение растений. – Кишинев: 1977. – С. 4-11.
20. Носко Б.С. Оптимізація азотного живлення озимої пшениці та жита // Оптимізація азотного живлення при інтенсивних технологіях. – Київ: Урожай, 1992. – С. 13-37.
21. Молостов А.С. Элементы вариационной статистики. – Киев: Урожай, 1965. – 181 с.
22. Журбицкий З.Н. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 73 с.

Отримано: 20 січня 2007 р.

Прийнято до друку: 1 лютого 2007 р.