

УДК 581.1:632.954

Л. М. Михальська, В. В. Швартау

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

ВПЛИВ ГЕРБИЦИДІВ ДЕРБИ ТА АКСІАЛ НА НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Досліджували вплив гербицидів Дербі та Аксіал на накопичення елементів живлення рослинами озимої пшениці при позакореневій обробці композиціями гербицидів та амідного азоту. Одночасне внесення протидводольного гербициду Дербі та грамініциду Аксіал із карбамідом сприяло накопиченню мікроелементів – компонентів редокс-систем рослин (заліза, міді), а також магнію, калію та бору, що важливо для розробки інтегрованих систем захисту та живлення посівів культури.

Л. М. Михальская, В. В. Швартау

Институт физиологии растений и генетики НАН Украины

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ ДЕРБИ И АКСИАЛ НА НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Исследовали влияние гербицидов Дерби и Аксиал на накопление элементов питания растениями озимой пшеницы при внекорневой обработке композициями гербицидов и амидного азота. Одновременное внесение противодводольного гербицида Дерби и граминицида Аксиал с карбамидом способствовало накоплению микроэлементов – компонентов редокс-систем растений (железа, меди), а также магния, калия и бора, что является важным для разработки интегрированных систем защиты и питания посевов культуры.

L. M. Mykhalska, V. V. Shvartau

Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine

INFLUENCE OF HERBICIDES DERBY AND AXIAL ON THE ACCUMULATION OF NUTRIENT ELEMENTS BY WINTER WHEAT

The effect of foliar treatment with herbicides Derby and Axial and amide nitrogen on the elements accumulation by winter wheat was studied. The simultaneous applying of Derby and Axial with carbamide contributed to higher accumulation of the trace elements – components of plants redox-system (iron and copper) as well as magnesium, potassium and boron which are important for the development of integrated systems of protection and nutrition of cultural plant.

Вступ

Боротьба з бур'янами є одним із найскладніших і найзатратніших елементів технології захисту посівів озимої пшениці. Для отримання високого рівня урожайності необхідно створити комфортні умови для розвитку культури. У той же час конкуренція із бур'янами – фактор зниження врожайності пшениці протягом усієї вегетації, починаючи із фази сходів і, практично, до жнив.

У практиці рослинництва фон живлення рослин є одним із факторів, які визначають ефективність використання гербіцидів. Удосконалення засобів хімічного прополювання посівів нерозривно пов'язане з вивченням їх взаємодії з компонентами переважно мінерального та, певною мірою, органічного живлення як культурних видів рослин, так і бур'янів. Одночасно із запровадженням препаратів групи феноксіалканкарбонових кислот у практику сільського господарства у 1940-х роках виявлене підвищення ефективності гербіцидів при спільному їх застосуванні з азотними добривами [19].

В Україні дослідження взаємодії добрив і гербіцидів проводили з початку 1950-х років у відділі фізіології дії гербіцидів Інституту фізіології рослин і генетики НАН України під керівництвом Ю. Г. Мережинського, що відображено у багатьох публікаціях, патентах і підсумовано у низці монографій [5; 9; 11–13]. Багаторічними роботами українських і російських дослідників встановлено, що між живленням рослин і хімічним прополюванням посівів існують численні взаємодії, які значною мірою впливають на ріст, розвиток і, у загальному підсумку, – на врожайність рослин [3; 4].

Дослідження взаємодії фону живлення та гербіцидів актуальне у зв'язку з підвищенням вимог до ефективності використання агрохімікатів і зниженням екологічного навантаження при використанні засобів хімізації в рослинництві. При застосуванні сучасних високоселективних гербіцидів із низькими нормами витрат, дія яких заснована на інгібуванні окремих ферментативних реакцій чи активності окремих ферментів, які є металопротеїдами, значення досліджень впливу фону живлення на активність токсикантів і особливості функціонування ферментів – сайтів дії набуває підвищеного інтересу. Вже у 1983 році опубліковано детальний огляд щодо взаємодії елементів фону живлення рослин і особливостей функціонування ферментів та білків [27]. У той же час дана особливість взаємодії фону живлення та гербіцидів щодо інтегрального впливу на функціонування ферментних систем і білків рослин залишається практично не дослідженою.

Встановлено низку відмінностей між бур'янами та культурними рослинами в ефективності використання поживних речовин, у реакції рослин на дію гербіцидів залежно від фону живлення. Показано, що на засмічених полях добрива не мають позитивної дії, а іноді дають негативний ефект, тобто добрива сприяють підвищенню врожаю на чистих від бур'янів полях і практично не ефективні на засмічених, що встановлено ще Д. Прянишниковим [6; 7]. Цей напрям досліджень залишається актуальним і продовжує активно розвиватися сьогодні [16].

Відомо, що однією з передумов отримання оптимальних та високих врожаїв є збалансоване за елементним складом живлення. Потреба рослин в основних елементах живлення формується з початку вегетації та настає в період інтенсивного приросту вегетативної маси та формування репродуктивних органів. Підживлення рослин озимої пшениці мінеральними добривами дає можливість отримати приріст урожайності. Але досить часто за нестабільного зволоження та посушливих умов, особливо на ранніх етапах росту та розвитку рослин, ефективність основного внесення виявляється недостатньою. Тому для одержання кращих результатів рекомендують одночасно позакоренево використовувати водорозчинні технологічно збалансовані комплексні добрива з мікроелементами, які придатніші для створення бакових сумішей із гербіцидами. Роботами австралійських дослідників на прикладі хлорсульфурону показано, що в ряду широко застосованих на посівах зернових колосових культур гербіцидів – селективних інгібіторів ацетолактатсинтази містяться сполуки, які викликають зниження вмісту мікроелементів (мідь, цинк тощо) у рослинах пшениці [22; 23; 25; 26]. Численні результати досліджень впливу гербіцидів різних хімічних класів описано у працях [3; 9; 11–13].

Тому дослідження фізіологічних особливостей взаємодії фону живлення, з'ясування ролі окремих елементів у реалізації фітотоксичності гербіцидів актуальні для розробки ефективних технологій вирощування культурних рослин.

Хімічний аналіз ґрунту на вміст доступних рослинам форм мікроелементів показав, що рослини засвоюють менше 1 % мікроелементів, які містяться у ґрунті. Із цього можна зробити висновок, що не всі рухомі форми доступні для рослин. Навіть на ґрунтах із високим вмістом мікроелементів рослини за різних причин можуть відчувати нестачу тих чи інших елементів [15]. Тому необхідно дослідити вплив основних чинників, у тому числі препаратів для контролювання бур'янів, на накопичення мікроелементів рослинами, що є важливим фактором у створенні інтегрованих технологій живлення та захисту посівів озимої пшениці.

Ґрунтово-кліматичні умови можуть впливати на рухомість і засвоюваність мікроелементів рослинами. Так, на рухомість і засвоюваність заліза впливає висока вологість ґрунту, велика кількість фосфору, органічної речовини та нестача калію, низька або висока температура повітря, надлишок розчинних солей важких металів у кислих ґрунтах; марганцю – суха погода, низька температура ґрунту, низька інтенсивність освітлення, високий вміст іонів *P*, *Fe*, *Cu*, *Zn*, органічної речовини; цинку – високі дози фосфорних і азотних добрив, сильне вапнування, низька температура, висока щільність ґрунту, низький вміст органічної речовини; міді – висока концентрація іонів *P*, *N* та *Zn* у ґрунті, надлишок розчинних сполук важких металів у ґрунті, високі температури повітря, високий вміст органічної речовини; бору – посуха, надлишкова вологість, інтенсивне освітлення, велика кількість азотних і калійних добрив; молібдену – високий вміст іонів *Mn*, *Fe*, *Cu* та сульфату у ґрунті, високі дози нітратного азоту, високий вміст органічної речовини.

Мідь, цинк і марганець – надзвичайно важливі мікроелементи при вирощуванні ряду сільськогосподарських культур. Цинк бере участь в окисно-відновних реакціях, входить до складу багатьох ферментів (протеази, амінопептидази, карбоксипептидази, дегідрогенази, ізомерази, альдолази, РНК- і ДНК-полімерази, енолази, карбоангідрази, кислі фосфатази), по-різному впливаючи на їх активність. Цинк контролює активність ферментів, які беруть участь у диханні та окисленні вуглеводів, підвищує посухо-, жаро- та холодостійкість рослин. Під його впливом у рослині підвищується кількість зв'язаної води, значно зростає вміст цукрів у вузлах кущіння, збільшується вміст загального та білкового азоту, що сприяє поліпшенню зимостійкості озимих зернових культур.

В умовах високих температур позакореневе підживлення рослин цинком знижує інтенсивність гідролізу білків і накопичення у тканинах аміаку та інших токсичних речовин. Також цинк підвищує стійкість до багатьох грибкових хвороб (кореневі гнилі та бура іржа зернових колосових культур, кореней цукрових буряків, фітофтора картоплі). Він має слабку фітотоксичність, що проявляється тільки при значному збільшенні його вмісту у ґрунті [18; 21; 22].

Переважає більшість ґрунтів України має низький рівень забезпечення рухомими формами цинку. Вміст визначається його концентрацією у ґрунтовірних породах. Підвищений вміст у ґрунті кальцію та фосфатів (наприклад, при внесенні високих доз добрив) знижує надходження цинку у рослини. При цьому утворюються нерозчинні форми, які впливають на адсорбцію цинку кореневою системою, що в кінцевому результаті викликає припинення циркуляції цинку між кореневою системою та листям. Симптоми дефіциту проявляються у першу чергу в низинах, особливо навесні на ділянках зі значеннями *pH*, близькими до нейтрального. Дефіцит цинку спричинює багато негативних наслідків. Водночас підвищений вміст цинку у вегетативних орга-

нах рослин пригнічує ростові процеси та знижує урожай сільськогосподарських культур, негативно впливає на активність транспорту асимілятів та пригнічує активність цитохром- і поліфенолоксидази.

Мідь відіграє важливу роль у процесах фотосинтезу, беручи активну участь у синтезі хлорофілу, входить до складу найважливіших окислювальних ферментів (поліфенолоксидази, аскорбіноксидази, цитохромоксидази, супероксиддисмутази та інших). У листках вміст міді значно вищий, ніж у коренях рослин.

Завдяки регуляторній дії на вміст у рослинах інгібіторів фенольної природи, мідь підвищує стійкість рослин до полягання. Характерна особливість впливу міді – підвищення посухо-, морозо-, жаростійкості рослин, їх стійкості проти грибкових і бактеріальних хвороб. Це пояснюється позитивним впливом від внесення міді на вміст у рослинах аскорбінової кислоти, кількості зв'язаної води, вмісту цукрів, білкового та загального азоту. Цей елемент посилює зв'язування молекулярного азоту з атмосфери внаслідок впливу на біосинтез леггемоглобіну і синтезу білків у рослинах, що пов'язано з участю *Si* в нуклеїновому обміні; значно сприяє засвоєнню підвищених доз азоту та фосфору з добрив, одночасно ці добрива можуть викликати ефект «зникнення» засвоєної міді. Доведено зв'язок між поглинанням міді зі зміною активності *Si*-хелатредуктази (АМХР), що полегшує рослинам відновлення хелатів міді та заліза.

Пшениця дуже чутлива до дефіциту міді. Встановлено високу потребу рослин у міді вже на початкових фазах росту. Її нестача викликає затримку росту, хлороз, втрату тургору та в'янення рослин, затримання цвітіння, пустозерність колосків. Рослини відчувують нестачу міді вже при концентрації цього елемента 2,5–3,0 мг/кг сухого ґрунту.

Мідь у ґрунтах, як правило, представлена у двовалентній формі. Їй притаманна висока міграційна здатність у кислому середовищі. У лужному середовищі мідь закріплюється у важкодоступній формі у вигляді комплексних органо-мінеральних сполук. Ґрунти Полісся, як і деякі ґрунти Західного Лісостепу з легким гранулометричним складом і промивним типом водного режиму, характеризуються як дефіцитні, особливо при високій вологості ґрунту. Вапнування кислих ґрунтів зменшує надходження міді в рослину внаслідок її фіксації ґрунтом. Вапно діє як абсорбент міді, а також шляхом підлужування створює умови для утворення важкорозчинних сполук із міддю. Культурні рослини щорічно виносять з ґрунту з урожаєм від 100 г на 1 га цього елемента. Потрібно зазначити, що за умов нестачі вологи та підвищення температури повітря, рухомість міді та цинку у ґрунті зменшується у декілька разів. Від забезпеченості рослин цими елементами залежить розвиток кореневої системи та збереження фотосинтезувального листкового апарату та їх узгодженої роботи, особливо в умовах негативного впливу стресових факторів.

Таким чином, необхідно відзначити особливий вплив цих елементів на розвиток озимих і ярих зернових культур як в осінній період (при підготовці озимих до перезимівлі), так і в період від прапорцевого листка до цвітіння.

Комплексні добрива із правильно підібраним співвідношенням саме цинку та міді, відповідно до потреб конкретної культури, дозволяють з однаковою високою ефективністю використовувати їх як для протруювання насіння, так і для позакоренових підживлень. Зниження вмісту компонентів редокс-систем рослин (заліза, міді, цинку, марганцю) може зумовлювати відповідне зниження стійкості рослин до стресових факторів довкілля (посуха, високі температури тощо) та сприяти підвищенню захворюваності посівів [17; 18; 21; 24; 28].

Питання впливу технологій вирощування озимої пшениці (у тому числі і пестицидів) на вміст неорганічних елементів у рослинах активно досліджуються.

Вирішення цих питань має значення для отримання урожаїв, зерна високої якості та біофортифікації культури. Встановлено, що засоби хімізації впливають на накопичення мінеральних елементів рослинами озимої пшениці в онтогенезі [1; 10]. Тому до важливого завдання слід віднести розробку засобів боротьби з бур'янами, які не знижують вміст основних макро- та мікроелементів у рослинах культури.

Серед сучасних протидводольних препаратів – інгібіторів ацетлактатсинтази необхідно відзначити композицію флорасуламу та флуметсуламу (Дербі 175 SC, с. к.; 100 г/л флуметсуламу, 75 г/л флорасуламу), а також перспективну суміш Дербі з грамініцидом Аксіал (Аксіал 045 ЕС к. е.; 45 г/л піноксадену + антидот клоквінтосет-мексил). У численних польових дослідженнях встановлено відсутність прояву фітотоксичності Дербі до рослин пшениці, навіть при застосуванні у другій половині вегетації у генеративну фазу розвитку. Композиція препарату дозволяє контролювати широкий перелік дводольних видів бур'янів [14]. Дербі має обмежену активність лише до лободи білої (*Chenopodium album* L.). Також показано перспективність композиції Дербі з Аксіалом, хоча відомо, що грамініцид, який за механізмом дії відносять до інгібіторів ацетил-КоА-карбоксілази, може втрачати частину активності при застосуванні одночасно з іншими агрохімікатами (наприклад, похідні феноксіоцтової кислоти, нітрат кальцію, сульфат магнію знижують протизлакову активність). При цьому питання впливу композиції гербіцидів Дербі та Аксіал на елементний склад пшениці відносять до недосліджених.

Таким чином, мета нашої роботи – оцінити вплив гербіцидів Дербі та Аксіал, які широко застосовуються на посівах озимої пшениці в Україні, на накопичення елементів живлення рослинами.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження впливу гербіцидів Дербі та Аксіал на накопичення елементів живлення рослинами озимої пшениці високоінтенсивного сорту при позакореневих обробках у фазу виходу в трубку баковими сумішами амідного азоту та гербіцидів проводили на виробничих посівах озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сорту Смуглянка Дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України у смт Глеваха Васильківського району Київської області у 2009–2012 роках. У таблицях наведено дані дослідів 2012 року.

Ділянки в досліді займали загальну площу 10 га, облікові – 10 м², повторність – 5–8-кратна. Ґрунт темно-сірий опідзолений, піщано-легкосуглинковий за механічним складом. У зоні досліджень за вегетаційний період сума активних температур (понад +10 °С) становила близько 2 600–2 900 °С. Опадів протягом року випало 460–520 мм, за літній період – у середньому 200–220 мм.

Веgetаційний сезон 2010–2011 років відрізнявся тривалими високими температурами та сильною посухою у генеративну фазу розвитку пшениці. Влітку температура піднімалася до +42 °С. Інтенсивні дощі у період збирання також зумовили зниження врожаю. За цих умов спостерігався вищий, ніж зазвичай, вміст білка та клейковини у зерні. Середня місячна температура повітря у травні 2012 року становила +13...+16 °С, місячна кількість опадів – 40–60 мм: погодні умови були сприятливішими для формування врожаю зернових.

Протягом вегетації проводили підживлення рослин, боротьбу зі шкідниками та хворобами та фенологічні спостереження. Насіння обробляли перед посівом протруйником Селест Топ (1,5 л/т). До робочого розчину додали комплексні добрива на основі монокалійфосфату (2 кг/т насіння). Протягом вегетації обробляли рослини

фунгіцидами Альто Супер (0,5 л/га) і Амістар Екстра (0,7 л/га), інсектицидом Енжіо (0,2 л/га), зокрема у фазу кушіння, цвітіння та по прапорцевому листку. Гербіциди Дербі (0,070 л/га) та Аксіал (1,0 л/га) вносили у фазу виходу в трубку озимої пшениці, у вечірні години, за температури повітря +22...+24 °С та відсутності вітру ранцевим обприскувачем.

Елементний склад у прапорцевих листках рослин озимої пшениці визначали методом ІСР-спектрометрії на емісійному спектрометрі ICAP 6300 Duo MFC (США) після озолення в азотній кислоті (осч) за допомогою мікрохвильової пробопідготовки Multiwave 3000 фірми Anton Paar (Австрія). Результати обробляли статистично [2].

Результати та їх обговорення

В умовах польових дослідів оцінено вплив гербіцидів Дербі та Аксіал на накопичення елементів живлення рослинами озимої пшениці при позакореновому внесенні бакових сумішей гербіцидів і амідного азоту. За допомогою методу ІСР-спектрометрії перед проведенням досліджень визначили вміст елементів живлення у ґрунті (екстракція амонійно-ацетатним буфером, *pH* 4,8). Результати аналізів свідчать про низький рівень забезпечення посіву доступними макро- та мікроелементами, що характерно для ґрунтових відмін Полісся – дерново-слабо- та середньопідзолисті неоглеєні та глеюваті супіщані відміни.

Відомо, що за рахунок спільного застосування гербіцидів із добривами скорочується кількість обробок посівів, рослини озимої пшениці значно краще переносять стрес, завданий застосуванням хімічних препаратів, і одночасно отримують додатково елементи мінерального живлення. Елементи живлення використовуються при цьому з вищими коефіцієнтами засвоєння, що сприяє кращій виповненості зерна, підвищенню маси 1 000 зерен – одного з важливих показників структури врожаю. При цьому не тільки активізується розвиток рослин і дозрівання насіння, а і підвищується їх стійкість до негативного впливу факторів навколишнього середовища та патогенів.

У посівах озимої пшениці при позакореновому підживленні переважно застосовуються водорозчинні форми *NPK*, часто разом із мікроелементами, а також сечовина, аміачна селітра, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 . Відоме застосування сульфату амонію або аміачної селітри (2–5 кг/га) і розчинів КАСів (2 л/га) для сумішей з Аксіалом. Показано зниження ефективності Аксіалу при спільному застосуванні з нітратом кальцію та магнієм сірчаноокислим. Мідь, цинк, марганець при спільному застосуванні з гербіцидами знижують активність Аксіалу та не змінюють активності Дербі. У численних дослідях нами визначено, що при додаванні амідного азоту до даної композиції гербіцидів спостерігалось підвищення ефективності препаратів, що свідчить про доцільність внесення композиції Дербі та Аксіалу разом з амідним азотом [14].

Гербіциди Дербі та Аксіал по-різному впливають на накопичення елементів живлення в рослинах озимої пшениці. Спільне застосування цих гербіцидів і азоту сприяє кращому накопиченню ряду мезо- та мікроелементів рослинами пшениці (табл.). Вміст фосфору за дії Аксіалу, композицій Аксіалу, Дербі та сечовини не змінюється у прапорцевих листках. За дії Дербі вміст фосфору дещо знижується.

Відзначимо високий вміст калію, магнію та кальцію у прапорцевих листках озимої пшениці. Вміст калію за дії Аксіалу зростає. Внесення Дербі та його композиції з Аксіалом знижує вміст елемента. Встановлено зростання вмісту калію у листках за одночасного внесення протидводольного гербіциду та грамініциду з азотом.

Вміст магнію за дії гербіцидів та азоту помітно підвищується. Вміст кальцію зростає за дії Дербі та його композиції з Аксіалом. Вміст міді, заліза – компонентів ре-

докс-систем рослин – суттєво зростає за одночасного застосування із сечовиною. Вміст цинку у прапорцевих листках знижується за дії гербіцидів та підвищується до рівня контрольного варіанта за одночасного застосування композиції гербіцидів з амідним азотом. Вміст марганцю за одночасного застосування із сечовиною дещо знижується. Відзначимо занижений загальний вміст мікроелементів у прапорцевому листку, що може бути пов'язано з низьким умістом цих елементів у ґрунті та їх обмеженою доступністю для кореневої системи рослин культури.

Таблиця

Вміст елементів живлення (мг/кг) у прапорцевих листках рослин озимої пшениці сорту Смуглянка за дії гербіцидів Аксіал і Дербі

| Варіанти, дози | <i>P</i> | <i>K</i> | <i>Mg</i> | <i>Ca</i> | <i>Cu</i> | <i>Fe</i> | <i>Mn</i> | <i>Zn</i> | <i>B</i> |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Контроль | 1952 ^a | 16270 ^a | 1380 ^a | 6415 ^a | 7,2 ^a | 101 ^a | 96 ^a | 29 ^a | 6,1 ^a |
| Аксіал, 1,0 л/га | 2001 ^a | 18430 ^b | 1712 ^b | 6340 ^a | 6,9 ^a | 97 ^a | 96 ^a | 16 ^b | 5,3 ^a |
| Дербі, 0,070 л/га | 1836 ^c | 15330 ^b | 1746 ^b | 6608 ^b | 7,8 ^b | 102 ^a | 97 ^a | 25 ^a | 4,3 ^b |
| Дербі, 0,070 л/га + Аксіал, 1,0 л/га | 1931 ^a | 15460 ^b | 1751 ^b | 6694 ^b | 6,9 ^a | 98 ^a | 95 ^a | 18 ^b | 4,7 ^b |
| Дербі, 0,070 л/га + Аксіал, 1,0 л/га + Сечовина, 10 кг/га | 1954 ^a | 18300 ^c | 1618 ^b | 6308 ^a | 12,0 ^c | 114 ^b | 74 ^b | 23 ^a | 7,3 ^b |

Примітка: однаковими буквами позначено варіанти, що не відрізняються при $p < 0,05$.

Зростання вмісту міді та заліза за позакореневого внесення гербіцидів і амідного азоту може бути пов'язане з відомим за внесення азотних добрив посиленням виділення кореневою системою рослини сполук із хелатувальними властивостями, наприклад мугеїнової кислоти, цитрату, малату тощо.

Висновки

На основі досліджень вмісту мінеральних елементів методом ІСР-спектрометрії встановлено зміни ряду макро- та мікроелементів у прапорцевих листках озимої пшениці сорту Смуглянка. Позакореневе застосування гербіцидів Дербі та Аксіал та амідного азоту суттєво змінює вміст елементів живлення у рослинах озимої пшениці, що потребує відповідних змін у технології живлення культури. Незначне зниження вмісту фосфору за дії Дербі може бути компенсоване внесенням добрив на основі водорозчинних монокалійфосфату або амонійфосфату.

Застосування елементів живлення у фізіологічно збалансованому співвідношенні спільно з гербіцидами, які не викликають суттєвого зниження вмісту основних макро- та мікроелементів у рослинах культури, є підставою для розробки наукових основ інтегрованих систем живлення та захисту високопродуктивних сортів озимої пшениці. Це дозволить забезпечити рослини елементами живлення та захистити посіви при мінімальних економічних затратах і підвищити урожайність озимої пшениці.

Бібліографічні посилання

1. Булгакова Н. Н. Биологические аспекты оптимизации минерального питания пшеницы / Н. Н. Булгакова, Н. Т. Ниловская. – М. : ВНИИА, 2006. – 224 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М. : Агротехиздат, 1985. – 351 с.
3. Ладонин В. Ф. Комплексное использование гербицидов и удобрений в современном земледелии / В. Ф. Ладонин, А. М. Алиев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 271 с.
4. Мережинский Ю. Г. Биохимия действия гербицидов при комплексном применении // Физиол. и биохим. культ. раст. – 1971. – Т. 3, вып. 4. – С. 339–349.
5. Мережинський Ю. Г. Гербіциди. Механізми дії та практика застосування / Ю. Г. Мережинський, Є. Ю. Мордерер. – К. : Логос, 2009. – Т. 1. – 379 с.

6. **Прянишников Д. Н.** Обмен азотистых веществ и питание растений. – М. : Изд. АН СССР, 1951. – Т. 1. – 495 с.
7. **Прянишников Д. Н.** Свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений. – М. : Колос, 1952. – Т. 3. – С. 112–115.
8. **Радов А. С.** Практикум по агрохимии / А. С. Радов, И. В. Пустовой, А. В. Корольков. – М. : Агротехиздат, 1985. – 312 с.
9. **Сосновая О. Н.** Гербициды и минеральное питание растений. – К. : Наук. думка, 1983. – 168 с.
10. **Сычев В. Г.** Приемы управления продукционным процессом для достижения потенциальной продуктивности пшеницы / В. Г. Сычев, Н. Т. Ниловская, Л. В. Осипова. – М. : ВНИИА, 2009. – 192 с.
11. **Швартау В. В.** Физиологическая реакция сахарной свеклы на действие гербицидов в зависимости от уровня азотного питания: Дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Ин-т физиологии растений и генетики. – К., 1988. – 215 с.
12. **Швартау В. В.** Регуляція активності гербіцидів за допомогою хімічних сполук. – К. : Логос, 2004. – 222 с.
13. **Швартау В. В.** Гербіциди. Основи регуляції фітотоксичності та фізико-хімічні і біологічні властивості. – К. : Логос, 2009. – Т. 2. – 1046 с.
14. **Швартау В. В.** Вплив азотних добрив на активність гербіцидів аксіал і дербі / В. В. Швартау, Л. М. Михальська // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 5. – С. 19–22.
15. **Ягодин Б. А.** Проблемы микроэлементов в биологии / Б. А. Ягодин, Е. Н. Максимова, С. М. Саблина // Агротехимия. – 1988. – № 7. – С. 126–134.
16. **Froud-Williams R. J.** Wheat yields as affected by weeds // *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determinations*. – 1999. – P. 161–182.
17. **Grotz N.** Molecular aspects of *Cu*, *Fe* and *Zn* homeostasis in plants / N. Grotz, M. L. Guerinot // *Biochimica et Biophysica Acta*. – 2006. – Vol. 1763. – P. 595–608.
18. **Grusaka M. A.** The physiology of micronutrient homeostasis in field crops / M. A. Grusaka, J. N. Pearson, E. Marentes // *Field Crops Research*. – 1999. – Vol. 60, N 1. – P. 41–56.
19. **Harris L. E.** Selective sprays for weed control in crops / L. E. Harris, G. R. Hyslop // *Oreg. Agric. Exp. Stn. Bull.* – 1942. – Vol. 403. – P. 1–31.
20. **Hatzios K. K.** Interaction of herbicides with other agrochemicals in higher plants / K. K. Hatzios, D. Penner // *Rev. Weed Sci.* – 1985. – Vol. 1. – P. 1–63.
21. **Kosman D. J.** Redox cycling in iron uptake, efflux, and trafficking // *J. Biol. Chem.* – 2010. – Vol. 285. – P. 29–35.
22. **Rengel Z.** Herbicide chlorsulfuron decreases growth of fine roots and micronutrient uptake in wheat genotypes / Z. Rengel, M. S. Wheal // *J. Exp. Bot.* – 1997. – Vol. 48, N 309. – P. 927–934.
23. **Tang C.** Cultivar variation in the effect of chlorsulfuron in depressing the uptake of copper in wheat / C. Tang, A. Robson // *Plant and Soil*. – 2000. – Vol. 225, N 1–2. – P. 11–20.
24. **Turski M. L.** New roles for copper metabolism in cell proliferation, signaling, and disease / M. L. Turski, D. J. Thiele // *J. Biol. Chem.* – 2009. – Vol. 284, N 2. – P. 717–721.
25. **Wheal M.** Chlorsulfuron reduces rates of zinc uptake by wheat seedlings from solution culture / M. Wheal, Z. Rengel // *Plant and Soil*. – 1997. – Vol. 188, N 2. – P. 309–317.
26. **Wheal M. S.** Chlorsulfuron reduces extension of wheat root tips in low-zinc solution culture / M. S. Wheal, Z. Rengel, R. D. Graham // *Annals of Botany*. – 1998. – Vol. 81, N 3. – P. 385–389.
27. **Wyn Jones R. G.** Proteins, enzymes and inorganic ions / R. G. Wyn Jones, A. Pollard // *Inorganic Plant Nutrition* / Ed. A. Läuchli, R. L. Bielecki. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo : Springer-Verlag, 1983. – P. 528–562.
28. **Zhang A.-S.** Iron homeostasis: Recently identified proteins provide insight into novel control mechanisms / A.-S. Zhang, C. A. Enns // *J. Biol. Chem.* – 2009. – Vol. 284, N 2. – P. 711–715.

Надійшла до редколегії 21.07.2012