



**В. П. Карпенко**  
доктор с.-г. наук, професор,  
проректор з наукової  
та інноваційної діяльності  
Уманського національного  
університету садівництва

УДК 581.17:633.16:632.954



**Р. М. Притуляк**  
кандидат с.-г. наук, доцент  
кафедри біології  
Уманського національного  
університету садівництва



**А. А. Даценко**  
асистент кафедри біології  
Уманського національного  
університету садівництва



**Ю. І. Івасюк**  
аспірант кафедри біології  
Уманського національного  
університету садівництва

## ФІЗИОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ІНТЕГРОВАНОЇ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

**Анотація.** Наведено узагальнені результати багаторічних досліджень з вивчення дії гербіцидів класів сульфонілсечовини (Гранстар 75, Калібр 75, Хармоні 75), феноксикарбоксилічних кислот (2,4-ДА 500, Дікопур Ф 600) і комбінованих препаратів (Лінтур 70 WG), внесених роздільно та в поєднанні з рістрегуляторами (Емістим С, Агат-25К і Агростимулін), на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослина, які визначають формування продуктивності посівів.  
**Ключові слова:** фізіолого-біохімічні механізми дії, гербіциди, регулятори росту рослин, інтегроване застосування, ячмінь ярий.

### **В. П. Карпенко**

доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор по науковій та інноваційній діяльності  
Уманський національний університет садівництва

### **Р. Н. Притуляк**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології  
Уманський національний університет садівництва

### **А. А. Даценко**

асистент кафедри біології  
Уманський національний університет садівництва

### **Ю. І. Івасюк**

аспірант кафедри біології  
Уманський національний університет садівництва

## ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

**Аннотация.** Приведены обобщенные результаты многолетних исследований по изучению действия гербицидов классов сульфонилмочевин (Гранстар 75, Калибр 75, Хармони 75), феноксикарбоксиліческих кислот (2,4-ДА 500, Дикопур Ф 600) и комбинированных препаратов (Линтур 70 WG), внесенных раздельно и в сочетании с регуляторами роста растений (Эмистим с, Агат-25К и Агростимулин), на прохождение основных физиолого-биохимических процессов в растениях, определяющих формирование продуктивности посевов.

**Ключевые слова:** физиолого-биохимические механизмы действия, гербициды, регуляторы роста растений, интегрированное применение, ячмень.

### **V. P. Karpenko**

Doctor of Agricultural Science, Professor, Vice Rector for Research and Innovation  
Uman National University of Horticulture

### **R. N. Prytuliak**

PhD in Agriculture, Associate Professor, Department of Biology  
Uman National University of Horticulture

### **A. A. Datsenko**

Assistant, Department of Biology  
Uman National University of Horticulture

### **I. I. Ivasiuk**

Post-graduate Student  
Uman National University of Horticulture

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INTEGRATED ACTION MECHANISMS OF HERBICIDE AND PLANT GROWTH REGULATOR**

**Abstract.** Summarizes the results of many studies on the action of sulfonylurea herbicides classes (Granstar 75, Caliber 75, Harmony 75), phenoxyacetic acid (2,4-DA 500, Dikopur F 600) and combination therapies (Lintur 70 WG), introduced separately and in combination with plant growth regulators (Emistim C Agat-25K and Agrostimulin) for passing the basic physiological and biochemical processes in the plant, which determine the formation of productivity of crops.

**Keywords:** physiological and biochemical mechanisms of action, herbicides, plant growth regulators, integrated application barley.

**Постановка проблеми.** Зважаючи на економічну, енергетичну та екологічну ситуації, що склалися в нашій державі, важливого значення набуває проблема застосування в посівах сільськогосподарських культур гербіцидів, як однієї з головних складових інтегрованої системи захисту рослин. Проте гербіциди, як фізіологічно активні речовини, в переважній більшості випадків здатні значно впливати на життєво важливі процеси в рослинному організмі. При цьому не виключена можливість їх акумулювання в товарній продукції та об'єктах навколишнього природного середовища [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки в Україні ведеться розробка технологій переходу від традиційного до органічного землеробства. Але, як показує практика більшості країн – світових лідерів з виробництва сільськогосподарської продукції, перехід до органічного землеробства призводить до різкого зростання забур'яненості посівів та зниження врожайності ячменю й кукурудзи на 58%, пшениці – на 54%, сої – на 62% [2, 3]. Тому нині, коли в усьому світі простежується дефіцит продуктів харчування, повністю відмовитись від використання гербіцидів неможливо. Разом з тим необхідно вести пошук шляхів зниження негативного впливу хімічних сполук гербіцидної дії на агроценози. Однозначно такі технології повинні включати елементи біологізації, що у випадку із гербіцидами може бути досягнуто за рахунок інтегрованого їх застосування із регуляторами росту рослин (PPP) природного походження, які характеризуються антистресовими та імуностимулюючими властивостями [4, 5]. Але багато питань, які стосуються комплексної дії гербіцидів і рістрегуляторів у сумішах, вивчені недостатньо. Вибір і оцінка оптимального поєднання препаратів у сумішах, особливо багатокомпонентних, проводиться без врахування механізмів їх дії на ключові фізіологічні реакції в рослинному організмі. Тому завданням наших досліджень було з'ясувати спрямованість дії сумішей гербіцидів і рістрегуляторів на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, які лежать в основі формування високої продуктивності посівів.

**Методика дослідження.** Дослідження виконували впродовж 1999–2015 рр. у польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського НУС.

У досліджах вивчали гербіциди, які згідно прийнятої

класифікації відносять до наступних хімічних класів: сульфонілсечовини (інгібітори ALS) – Гранстар 75, в. г. (10–25 г/га); Калібр 75, в. г. (30–70 г/га); Хармоні 75, в. г. (5–20 г/га); феноксикарбоксиліові кислоти (синтетичні ауксини) – 2,4-ДА 500, в. р. (1,0 л/га); Дікопур Ф 600, в. р. (0,5–1,5 л/га) та комбіновані препарати – Лінтур 70 WG, в. г. (90–140 г/га). Досліджувані гербіциди вносили в різних нормах окремо і в поєднанні із регуляторами росту рослин Емістим С (5–10 мл/га), Агростімлін (10 мл/га) і мікробіологічним препаратом із рістстимулювальними властивостями Агат-25К (20 г/га). Польові досліди закладали у відповідності із загальноприйнятими вимогами на сортах ячменю ярого Рось, Звершення, Соборний, вегетаційні – з дотриманням вимог вегетаційного методу.

Основні фізіолого-біохімічні показники за дії препаратів вивчали за широковживаними та апробованими серед наукової спільноти методиками [6].

**Основні результати дослідження.** У результаті проведення лабораторних, вегетаційних і польових досліджень встановлено, що гербіциди різних хімічних класів, внесені окремо та в поєднанні із PPP, значно впливають на спрямованість проходження обмінних процесів у рослинах ячменю ярого. Зокрема, досліджено, що із наростанням норм внесення гербіцидів без PPP у листках ячменю ярого на третю добу простежується інтенсифікація генерування активних форм кисню (АФК), які зумовлюють розвиток у рослин оксидативного стресу, наслідком якого є підвищений рівень пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ).

На десяту добу внесення препаратів рівень ПОЛ у рослинах ячменю ярого продовжує зростати, що пов'язано з активізацією ростових та обмінних процесів (перехід рослин до фази кушіння), невід'ємним продуктом яких є АФК. Однак у варіантах досліді, де гербіциди застосовували сумісно з PPP, рівень ПОЛ по відношенню до відповідних варіантів без PPP знижувався.

Зниження ПОЛ простежувалося за одночасного підвищення в рослинах активності глутатіон-S-трансферази (GST) і супероксиддисмутази (СОД) та зростання вмісту в листках антиоксидантів (табл. 1). Зокрема активність GST і СОД як на третю, так і на десяту добу визначення була значно вищою за показники в контролі, але при цьому були відмічені такі особливості: активність GST у варіантах

Таблиця 1

**Активність GST і СОД у листках ячменю ярого за дії різних норм гербіциду Гранстар 75, внесених окремо і в поєднанні з PPP Емістим С (вегетаційний дослід)**

Варіант досліді	GST, мкМоль/г сирової маси за 1 хв.		СОД, ум.од./г сирової маси	
	на третю добу	на десяту добу	на третю добу	на десяту добу
Обробка водою (контроль)	4,60	5,13	1,13	1,93
Емістим С	5,04	5,77	1,86	2,35
Гранстар 75 10 г/га	4,91	5,43	1,42	2,14
Гранстар 75 15 г/га	5,16	5,81	1,83	2,78
Гранстар 75 20 г/га	5,43	6,13	2,13	3,01
Гранстар 75 25 г/га	4,88	5,97	2,56	3,12
Гранстар 75 10 г/га + Емістим С	5,33	5,31	1,87	2,68
Гранстар 75 15 г/га + Емістим С	5,78	5,62	2,34	3,12
Гранстар 75 20 г/га + Емістим С	6,41	6,0	2,68	3,43
Гранстар 75 25 г/га + Емістим С	5,92	5,17	3,01	3,78
<i>HIP<sub>01</sub></i>	0,12	0,19	0,25	0,23

із застосуванням гербіцидів без PPP на десяту добу перевищувала відповідні показники у цих же варіантах на третю добу визначення, тоді як активність GST у варіантах гербіцид + PPP на десяту добу дещо знижувалась проти показників на третю добу визначення; активність же СОД як на третю, так і на десяту добу у всіх варіантах досліджу була високою, однак у варіантах із внесенням гербіциду сумісно з PPP вона перевищувала аналогічні показники варіантів, де гербіциди застосовували без PPP. Підвищена активність GST і СОД у рослинах ячменю ярого свідчить про інтенсифікацію проходження реакцій детоксикації та димутації, особливо у випадку сумісного застосування гербіцидів і PPP, що, в свою чергу, забезпечує більш активне знешкодження як токсиканту, так і АФК (супероксиданіона), та в цілому знижує рівень ПОЛ у рослинах. Вочевидь, що зниження рівня ПОЛ у варіантах досліджу з інтегрованим застосуванням гербіцидів і PPP та більш швидкі темпи детоксикації ксенобіотика обумовлюють у подальшому стабілізацію та незначне зниження активності GST.

Відповідною реакцією рослинного організму на окиснювальний стрес є посилений синтез антиоксидантів – глутатіону (GSH), аскорбату та ін. Як показали результати досліджень, вміст GSH у листках ячменю ярого в варіантах досліджу з сумісним застосуванням гербіцидів і рістрегуляторів значно збільшувався, що може бути пов'язано з безпосереднім стимулюючим впливом PPP на синтез даного антиоксиданту та з меншою його витратою на ліквідацію АФК у результаті послаблення реакцій ПОЛ. Дещо нижчим вміст GSH був у варіантах досліджу, де гербіцид застосовували без PPP, що свідчить про більш активну його витрату в реакціях, спрямованих як на детоксикацію ксенобіотика, так і в реакціях ліквідації АФК.

Щодо вмісту в рослинах ячменю ярого аскорбінової кислоти, то зі збільшенням норм використання гербіцидів її вміст у листках на третю добу після внесення препаратів знижувався. Однак на десяту добу вміст аскорбінової кислоти в листках ячменю ярого значно зростає як у варіантах із внесенням гербіцидів без PPP, так і в варіантах, де гербіциди вносили в комплексі з рістрегуляторами. Це вказує на стабілізацію детоксикаційних процесів та підвищення загального антиоксидантного статусу рослин (антиокислювальної активності (AOA) тканин та активності основних ферментів класу оксидоредуктаз, які беруть безпосередню участь в адаптації рослин до гербіцидного стресу). Так, найвищий рівень AOA тканин листка було відмічено у варіантах з інтегрованим використанням гербіцидів і PPP, які забезпечували зниження ПОЛ у рослинах за одночасного зростання вмісту в листках антиоксидантних сполук. Між AOA тканин листка та вмістом антиоксидантів і активністю антиоксидантних ферментів (GST і СОД) встановлено прямі та сильні за тісністю кореляційні залежності: відповідно  $r = 0,73$  та  $0,67$ .

За дії в посівах гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилічних кислот, комбінованих препаратів та їх сумішей із PPP у листках ячменю ярого встановлено значне зростання активності ферментів класу оксидоредуктаз, діяльність яких визначається спрямованістю у відношенні ліквідації шкідливих для рослинного організму продуктів метаболізму, індукованих детоксикаційними перетвореннями гербіцидів. Так, на початку виходу рослин у трубку відмічено суттєве підвищення активності ферментів каталази і пероксидази, які беруть безпосередню участь у ліквідації отруйного для рослинного організму пероксиду водню, що утворюється за підвищеної активності СОД. Між активністю СОД та активністю каталази і пероксидази встановлена середня за тісністю пряма кореляційна залежність ( $r = 0,58$ ).

Висока активність була характерною і для ферментів аскорбатоксидази і поліфенолоксидази, які беруть безпосередню участь в адаптації рослин до дії ксенобіотиків.

У період виходу рослин у трубку активність ферментів класу оксидоредуктаз у порівнянні до показників, одержаних на початку виходу рослин у трубку, знижувалась.

Найбільшим це зниження було в варіантах досліджу, де гербіциди застосовували сумісно з PPP, що пов'язано зі стабілізацією детоксикаційних процесів у рослинах.

Підвищення активності антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз було відмічено нами у всіх польових досліджах у варіантах з ручними прополюваннями одночасно з внесенням препаратів на основних варіантах досліджу (контроль II) та з ручними прополюваннями впродовж вегетаційного періоду (контроль III). Це є наслідком покращення умов росту і розвитку ячменю ярого, які створюються в посівах за часткової або повної відсутності конкуренції з боку бур'янів за основні фактори життя, що в цілому призводить до зростання активності обмінних процесів у рослинах, невід'ємною складовою яких є ферменти.

Гербіциди класів сульфонілсечовини і феноксикарбоксилічних кислот викликають зміни у функціонуванні фотосинтетичної системи рослин. Так, за обробки ячменю ярого гербіцидом класу сульфонілсечовини Гранстар 75 у нормах 10 – 25 г/га без PPP на другу добу експерименту було відмічено зниження на 3–41% в порівнянні з контролем активності транспорту електронів в електрон-транспортному ланцюзі (ЕТЛ) фотосинтезу хлоропластів. Однак за мінімальної та рекомендованої норм використання гербіциду суттєвого пригнічення транспорту електронів у хлоропластах не спостерігалось, оскільки сульфонілсечовини не є інгібіторами реакції Хілла. Разом з тим зниження активності транспорту електронів у хлоропластах за дії 20–25 г/га Гранстара 75 може розглядатися з погляду індукованого впливу препарату на перебіг реакцій ПОЛ у клітинах. Це підтверджується зворотню за напрямом кореляційною залежністю між рівнем ПОЛ та активністю транспорту електронів в ЕТЛ фотосинтезу хлоропластів ( $r = -0,93$ ).

За дії бакових сумішей гербіциду класу сульфонілсечовини Гранстар 75 і феноксикарбоксилічних кислот 2,4-ДА 500 у всіх варіантах досліджу на другу добу застосування препаратів спостерігалось пригнічення транспорту електронів. Одержані дані дають підставу стверджувати, що суміші сульфонілсечовинних препаратів із феноксикарбоксилічними кислотами справляють більш глибокий вплив на фізіолого-біохімічний стан хлоропластів, у результаті чого активізується генерування АФК та посилюються процеси ПОЛ, які накладають більш істотний відбиток на перебіг фотохімічних реакцій у хлоропластах.

Оптимальні норми гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилічних кислот і комбінованих препаратів, внесені з PPP, забезпечують формування відносно високого рівня суми хлорофілів а і в у листках ячменю ярого (в порівнянні з контролем у середньому на 15–62%) та більшого за розмірами СЗК (на 13–17%). У той же час підвищені норми застосування гербіцидів, особливо сульфонілсечовин у сумішах із феноксикарбоксилічними кислотами, негативно впливають на формування пігментного комплексу рослин, що може бути обумовлено безпосередньо дією цих препаратів як на процеси синтезу хлорофілу, так і його руйнування.

Зокрема, гербіциди можуть стимулювати гідролітичну активність ферменту хлорофілази, яка зазвичай перебуває у зв'язаному стані з білками та іншими речовинами мембран у найбільш асоційованій формі з невеликою активністю. Однак у процесі детоксикації гербіцидів у хлоропластах порушується стабільність хлорофіл-білково-ліпоїдного комплексу, що призводить до активізації ферменту. Встановлено, що за використання Гранстара 75 20–25г/га окремо і в сумішах із PPP активність хлорофілази в листках ячменю зростала в середньому по відношенню до контролю на 17–42%.

Залежно від дії досліджуваних препаратів на пігментний комплекс рослин ячменю ярого, відповідні зміни простежувались у походженні фотосинтетичних процесів, які нерозривно пов'язані з асиміляцією вуглецевих і азотних сполук. Встановлено, що нагромадження

водорозчинних цукрів у листках ячменю ярого у фазу виходу рослин у трубку зросло за інтегрованого застосування гербіцидів і PPP, що є проявом безпосереднього позитивного впливу рістрегуляторів на обмінні процеси в рослинному організмі, які тісно пов'язані з генним та гормональним рівнем регуляції.

У фазу виходу рослин у трубку ячменю ярого вміст цукрів у листках рослин у всіх варіантах досліджу, де гербіциди вносились окремо і в поєднанні з PPP, значно перевищував контроль I, але в порівнянні до показників у фазу виходу рослин у трубку був нижчим. Це свідчить про залежність нагромадження цукрів листками ячменю ярого від фази розвитку рослин, максимум за вмістом яких приходить на IV етап органогенезу (вихід у трубку), тобто – на період мікро- і макроспорогенезу. Крім того, у фазу виходу рослин у трубку асимільований вуглець активно транспортується в стебло, а звідти – у колос, де й відмічається його максимальна кількість.

Оскільки процеси асиміляції вуглецю у рослинах тісно пов'язані з азотним обміном, важливим було дослідити вміст загального азоту в листках ячменю ярого. У результаті проведених досліджень встановлено, що зі збільшенням норм внесення гербіцидів класів сульфонілсечовини, феноксикарбоксилівих кислот і комбінованих препаратів до максимальних вміст загального азоту в листках ячменю знижувався, але за використання оптимальних норм гербіцидів із PPP він зростав у середньому на 25–43%.

У період виходу рослин у трубку ячменю ярого простежувалось зниження вмісту азоту в листках рослин, що свідчить про залежність даного показника від спрямованості ростових процесів, за інтенсифікації яких відбувається швидша утилізація метаболітів, необхідних для рослин в якості «будівельного матеріалу».

Нагромадження рослинами ячменю ярого вуглецевих і азотовмісних сполук знаходилось у тісній кореляційній залежності ( $r = 0,79-0,87$ ) з фотосинтетичною продуктивністю посівів (ФПП), найвищі значення якої формувались за використання в посівах композицій Калібр 75 40 г/га + Агат-25К + Агростимулін; Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Гранстар 75 10 г/га + 2,4-ДА 500 1,0 л/га + Емістим С; Дікопур Ф 600 0,5 л/га + Гранстар 75 15 г/га + Емістим С; Лінтур 70 WG 100 г/га + Агат-25К та Хармоні 75 15 г/га + Агат-25К. Так, упродовж 1999–2009 рр. вищезазначені суміші забезпечували зростання ФПП у середньому на 40–80%, фотосинтетичної продуктивності хлорофілу (ФПХ) – 30–132%, що обумовлювалось загальним позитивним впливом композицій на проходження у рослинах фізіолого-біохімічних процесів на фоні мінімального конкурентного впливу на культуру бур'янів. Це узгоджується з ФПП і ФПХ у варіантах дослідів із ручними прополюваннями впродовж вегетації (контроль III), де за відсутності конкуренції з боку бур'янів, значення цих показників у порівнянні до контролю I зростали в середньому відповідно на 21–82 та 18–107%.

**Висновки.** Узагальнення одержаних даних щодо впливу гербіцидів і PPP на проходження основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ячменю ярого

дає підставу до обґрунтування концептуальної основи інтегрованої дії препаратів у посівах, сутність якої полягає в тому, що гербіциди і PPP, маючи різні механізми та спрямованість своєї дії, не проявляють конкуренції за спільні сайти (біологічні мішені). У той же час за сумісного внесення гербіцидів і PPP відбувається активізація антиоксидантних систем захисту рослинного організму, завдяки яким знижується негативний вплив на клітини продуктів метаболізму гербіцидів. Зважаючи на це, можна стверджувати, що за інтегрованого застосування гербіцидів і PPP проявляється особлива форма антагоністичної взаємодії, яка може бути охарактеризована як антидотна. Її реалізація відбувається безпосередньо через активізацію роботи детоксикаційних і антиоксидантних систем рослин, а також може здійснюватися шляхом реактивування ключових фізіологічних реакцій, що зазнали негативного впливу ксенобіотика.

## Література

1. Біологічні процеси і продуктивність сільськогосподарських культур при застосуванні хімічних і біологічних препаратів та шляхи зменшення гербіцидного навантаження на зовнішнє середовище / Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. та ін. // Вчені вищої школи України – селу : Праці Міжн. наук. конф., 5 – 7 липня, 2006 р. – Київ – Умань, 2006. – С. 73-87.
2. Жеребко В. М. Гербіциди в інтегрованому захисті / В. М. Жеребко // Карантин і захист рослин. – 2007. – № 7. – С. 12-13.
3. Грицаєнко З.М. Баккові суміші гербіцидів з регуляторами росту – ефективний засіб підвищення продуктивності зернових культур / Грицаєнко З.М., Карпенко В.П. // Пропозиція. – 2003. – №3. – С. 60.
4. Пономаренко С. П. Новые индукторы устойчивости растений с регуляторными и биозащитными свойствами / С. П. Пономаренко, Г. С. Боровикова, Ю. Я. Боровиков // Материалы V Межд. науч. конф. [«Регуляция роста, развития и продуктивности растений»], (Минск, 28–30 ноября 2007) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2007. – С. 161.
5. Карпенко В. П. Агроэкологическое и биологическое обоснование путей снижения отрицательного воздействия гербицидов на растения ярового ячменя / В. П. Карпенко, Р. М. Питуляк // Экологическая безопасность и устойчивое развитие территорий: I Международная научно-практическая конференция. – Чебоксары, 2011. – С. 159-161.
6. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. – К: ЗАТ „Нічлава“, 2003. – С. 231-236.

## References

1. Biologichni protsesi i produktivnist silskogospodarskih kultur pri zastosuvanni himichnih i biologichnih preparativ ta shlyahi zmenshennya gerbitsidnogo navantazhennya na zovnishne seredovische / Gritsaenko Z.M., Gritsaenko A.O., Karpenko V.P. ta in. // Vcheni vischoyi shkoli Ukraini – selu : Pratsi Mizhn. nauk. konf., 5 – 7 lipnya, 2006 r. – KiYiv – Uman, 2006. – S. 73-87.
2. Zherebko V. M. Gerbitsidi v integrovanomu zahisti / V. M. Zherebko // Karantin i zahist roslin. – 2007. – # 7. – S. 12-13.
3. Gritsaenko Z.M. Bakovi sumishi gerbitsidiv z regulyatorami rostu – effektivniy zasib pidvischennya produktivnosti zernovih kultur / Gritsaenko Z.M., Karpenko V.P. // Propozitsiya. – 2003. – #3. – S. 60.
4. Ponomarenko S. P. Novyye induktory ustoychivosti rasteniy s regulyatornymi i biozashchitnymi svoystvami / S. P. Ponomarenko, G. S. Borovikova, Yu. Ya. Borovikov // Materialy V Mezhd. науч. konf. [«Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rasteniy»], (Minsk, 28–30 noyabrya 2007) / Institut eksperimentalnoy botaniki NAN Belarusi. – Minsk: Pravo i ekonomika, 2007. – S. 161.
5. Karpenko V. P. Agroekologicheskoe i biologicheskoe obosnovanie putey snizheniya otritsatel'nogo vozdeystviya gerbitsidov na rasteniya yarovogo yachmenya / V. P. Karpenko, R. M. Pritulyak // Ekologicheskaya bezopasnost i ustoychivoe razvitiya territoriy: I Mezhdunarodnaya naukovoprakticheskaya konferentsiya. – Cheboksary, 2011. – S. 159-161.
6. Gritsaenko Z.M., Gritsaenko A.O., Karpenko V.P. Metodi biologichnih ta agrohimichnih doslidzhen roslin i Gruntiv. – K: ZAT „Nichlava“, 2003. – S. 231-236.