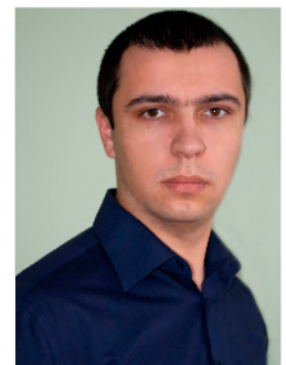




Карпенко В. П.,
доктор с.-г. наук,
професор, проректор з наукової та інноваційної діяльності,
Уманський національний університет садівництва
e-mail: v-biology@ukr.net

УДК 633.174:581.1:631.348:631.811.98
DOI 10.31395/2310-0478-2018-21-68-72



Шутко С. С.,
аспірант кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
e-mail: serhiishutko@gmail.com

ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ РОСЛИН СОРИЗУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ГЕРБІЦИДУ І РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН

Анотація. У статті наведено результати досліджень стосовно впливу фізіологічно активних речовин (гербициду і регулятора росту рослин) на проходження ферментативних процесів у рослинах соризу. Встановлено, що внесення гербициду Пік 75 WG у нормах 15-20 г/га у комплексі з регулятором росту рослин Регоплант (50 мл/га – по сходах + 250 мл/т – обробка насіння) сприяє найбільшому зростанню активності окремих ферментів класу оксидоредуктаз, що може свідчити як про активізацію детоксикаційних процесів у рослинах соризу, так і фізіолого-біохімічних, якими визначається формування продуктивності посівів.

Ключові слова: гербицид, регулятор росту рослин, сориз, ферментативна активність, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза.

В. П. Карпенко

доктор с.-х. наук, професор, проректор по науковій і інноваційній діяльності,
Уманський національний університет садівництва

С. С. Шутко

аспірант кафедри біології, Уманський національний університет садівництва

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ СОРИЗА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕРБИЦИДА И РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований относительно влияния физиологически активных веществ (гербицида и регулятора роста растений) на прохождение ферментативных процессов в растениях сориза. Установлено, что внесение гербицида Пик 75 WG в нормах 15-20 г/га в комплексе с регулятором роста растений Регоплант (50 мл/га - по всходах + 250 мл/т - обработка семян) способствует наибольшему росту активности отдельных ферментов класса оксидоредуктаз, что может свидетельствовать как об активизации детоксикационных процессов в растениях сориза, так и физиолого-биохимических, которыми определяется формирования продуктивности посевов.

Ключевые слова: гербицид, регулятор роста растений, сориз, ферментативная активность, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза.

V. P. Karpenko

Doctor of Agricultural Sciences, Uman National University of Horticulture

S.S. Shutko

Post-graduate Student, Uman National University of Horticulture

FERMENTATIVE ACTIVITY OF SORGHUM PLANTS UNDER APPLICATION OF HERBICIDE AND PLANT GROWTH REGULATOR

Abstract. Sorghum is a relatively new grain crop, which active implementation into crop rotation is limited by a range of factors including a little-approbated technology of its growing. In connection with it, it is reasonable to substantiate separate elements of the technology of its growing based on physical-and-biochemical reactions of Sorghum plants under the influence of physiologically active substances (namely, herbicide and plant growth regulator).

Sorghum plants during vegetation are effected by stress factors of different nature and active forms of oxygen (AFO) are formed in plant cells in response to them and these forms in turn can provoke increase in the activity of ferments-antioxidants. Thus such physiologic-and-biochemical reaction of plant organism can serve as one of the ways for revealing the depth of influence of chemical and biological preparations on physiologic-and-biochemical state of Sorghum plants.

Results of the researches concerning the influence of physiologically active substances (herbicide and plant growth regulator) on passing of fermentative processes in Sorghum plants are presented in the article. The purpose of the article was to ascertain the influence of different norms of Peak 75 WG herbicide (10; 15; 20; 25 g/ha) under various methods of use of Regoplant plant growth regulator (treatment of sowing material (250 ml/t) and crops (50 ml/ha)) on the activity of individual ferments of oxidoreductase class.

The objects of the research were Sorghum plants (*Sorghum oryoidum*) of Tytan variety, Peak 75 WG herbicide and Regoplant plant growth regulator. Laboratory analyzes were carried out in samples of leaves taken according to the development phases of Sorghum plants. The activity of the ferments of oxidoreductase class: catalase (KF 1.11.1.6), peroxidase (KF 1.11.1.7) and polyphenol oxidase (KF 1.10.3.1) was estimated according to the method described by Kh. M. Pochynok.

Researchers have shown that application of Peak 75 WG herbicide in the norms of 15-20 g/ha in combination with Regoplant plant growth regulator (50 ml/ha - on crops + 250 ml/t - seed treatment) contributed to the greatest increase in the activity

of individual ferments of oxidoreductase class. Under these conditions, the activity of certain ferments of oxidoreductase class in the study of the phase of Sorghum plants development was increased: by 22-49% for catalase, 18-39% for peroxidase and 45-53% for polyphenol oxidase. This may indicate both about activation of detoxification processes in Sorghum plants, and physiological-and-biochemical processes, which determines formation of crops productivity.

Key words: herbicide, plant growth regulator, Sorghum, fermentative activity, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase.

Постановка проблеми. Сориз належить до відносно нових зернових культур, активне впровадження якого у сівозміни обмежується низкою чинників, у тому числі й мало-відпрацьованою технологією вирощування. Без сумніву, ключовою ланкою в технології вирощування соризу повинна бути боротьба з бур'яновим компонентом, проте у «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» з цією метою пропонується досить обмежене коло гербіцидних препаратів. Водночас поодинокі літературні повідомлення свідчать про можливість застосування в посівах соризу гербіциду Пік 75 WG [1]. Але, разом з тим, вплив даного препарату на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах соризу практично не вивчався.

Також нині у технологіях вирощування сільськогосподарських культур набувають все більшої популярності препарати біологічного походження, зокрема регулятори росту рослин (PPP), завдяки яким формується екологічно чиста та якісна продукція. При цьому, як засвідчують автори [2, 3], вони здатні частково невілювати негативний вплив на культурні рослини гербіцидів. У зв'язку з цим, доцільним є детальне вивчення дії у посівах соризу гербіцидів і PPP, зокрема їх впливу на захисні (ферментативні) системи рослинного організму.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж вегетації рослини піддаються дії низки стресових чинників (посуха, перепади температур, пестициди тощо), у відповідь на які у рослинних клітинах продукуються активні форми кисню (АФК), зумовлюючи тимчасовий окиснювальний стрес. Під час стресу у клітинах виникає дисбаланс, для ліквідації якого рослинний організм посилює активність ферментів-антиоксидантів – каталази, пероксидази й поліфенолоксидази [4, 5]. Так, фермент каталаза здатен розкласти пероксид (одну з форм АФК) на воду й кисень, тим самим, перетворюючи його молекулу на нешкідливі для рослини сполуки. Дослідженнями науковців [6], які виконувалися на рослинах ячменю озимого, встановлено суттєвий ріст активності вищезгаданого ферменту за комплексної дії гербіциду Калібр і PPP Біолан.

Пероксидаза є одним із ферментів, що інактивує пероксид (та деякі інші чужорідні сполуки) і в подальшому розкладає його до води, також цей фермент бере безпосередню участь у фотосинтезі та метаболічних перетвореннях [7]. Як показали дослідження М. П. Михайлової та Л. А. Каманіної [8], проведені на рослинах сої, за дії гербіциду Тайфун активність пероксидази зростає до 20%, що пояснюється активною участю ферменту у нейтралізації ксенобіотика. Дослідженнями В. П. Карпенка із співавторами [9] доведено, що застосування гербіциду у присутності рістрегулятора підвищує антистресовий статус рослини (в тому числі за рахунок підвищеного продукування пероксидази).

Поліфенолоксидаза – фермент який виступає в ролі каталізатора розпаду фенольних речовин – високий вміст яких є притаманним для рослинної клітини, проте активність даного ферменту може зростати й за дії гербіцидів. Так, З. М. Грицаєнко та А. В. Заболотна [10] констатують, що за внесення гербіциду Лінтур окремо і в комплексі з PPP Емістим С (особливо за сумісного внесення гербіциду з PPP) активність поліфенолоксидази значно зростає, що є наслідком безпосередньої участі ферменту у деактивації діючої речовини гербіциду, побічним продуктом якої є фенольні сполуки.

Отже, з вищенаведеного літературного матеріалу можна стверджувати, що дослідження активності окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази і поліфенолоксидази) можуть слугувати одним із шляхів розкриття глибини впливу хімічних і біологічних препаратів на фізіолого-біохімічний стан рослинного організму.

Мета статті – з'ясувати вплив різних норм гербіциду

Пік 75 WG (10; 15; 20; 25г/га) за різних способів використання PPP Регоплант (обробка посівного матеріалу (250 мл/т) й посівів (50мл/га)) на активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз.

Методика досліджень. Польові дослідження виконували в умовах сівозміни кафедри біології на дослідному полі НВВ Уманського НУС у триразовій повторності упродовж 2016-2018 років з послідовним розміщенням варіантів: без застосування препаратів (контроль I), ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II), регулятор росту рослин Регоплант 50 мл/га, гербіцид Пік 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25 г/га окремо і в сумішах з Регоплантом 50 мл/га по обробленому та необробленому посівному матеріалі цим же PPP у нормі 250 мл/т. Посходово внесення препаратів виконували у фазу 3-5 листків соризу.

Об'єктами дослідження слугували рослини соризу (*Sorghum oryoidum*) сорту Титан, гербіцид Пік 75 W.G. (д.р. – просульфурон 750 г/кг) та регулятор росту Регоплант (д.р. – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 0,3 г/л, насичені і ненасичені жирні кислоти C14-C28, полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи, комплекс біогенних мікроелементів – 1,75 г/л, калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти 1 мл/л, аверсектин – продукт життєдіяльності актиномицету *Streptomyces avermytilis*).

Лабораторні дослідження проводили у зразках листків відібраних відповідно до фаз розвитку рослин соризу. Активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (КФ 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ 1.10.3.1) оцінювали за методикою, описаною Х. М. Починком [11].

Основні результати досліджень. Оскільки ферментативні системи визначають можливість та швидкість проходження хімічних реакцій, стає очевидним, що за активністю окремих ферментів можна визначити ступінь стресу, спричиненого зовнішніми чинниками, у тому числі й гербіцидами.

Як показали дослідження, внесення гербіциду Пік 75 WG окремо і в комплексі з PPP Регоплант зумовлювало зміни у ферментативній активності рослин соризу як у фазі куціння, так і у фазі викидання волоті, що може свідчити про тривалість метаболічних змін у рослинах соризу. Так, самостійне внесення гербіциду Пік 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25г/га сприяло зростанню активності ферментів у відношенні до контролю I на 26,4; 33,3; 37,0; 29,3 мкМоль розкладеного H₂O₂ для каталази та на 20,5; 28,6; 31; 23,1 мкМоль окисненого гваяколу – для пероксидази (табл 1).

За внесення цих же норм гербіциду, але у суміші з PPP Регоплант, спостерігалось підвищення ферментативної активності у відношенні до варіантів із самостійним внесенням гербіциду на 3-5% – для каталази, і 3-6% – для пероксидази.

Застосування гербіциду Пік 75 WG (10; 15; 20; 25 г/га) по фоні обробки насіння PPP Регоплант (250 мл/т) зумовило зростання активності каталази до контролю I на 28; 34; 38; 29%, пероксидази – 19; 27; 31; 20% відповідно.

Комплексне застосування Піку 75 WG у вищезгаданих нормах з Регоплантом на фоні обробки насіння цим же PPP забезпечило зростання активності ферментів у порівнянні до контролю I на 36,7; 43,5; 49,5; 41,2 мкМоль розкладеного H₂O₂ для каталази та на 30,5; 39,1; 46,3; 43 мкМоль окисненого гваяколу – для пероксидази.

Стосовно ферменту поліфенолоксидази, нами було відмічено зростання його активності у відповідь на збільшення норм внесення гербіциду. Так, якщо у варіанті контроль I її активність була на рівні 27,4 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти, то за внесення гербіциду Пік 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25г/га активність ферменту зростала до 31,8; 33,6; 34,9 і 36,0 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти. Це може свідчити про активну участь даного

Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках соризу за дії різних норм гербіциду Пік 75 WG і PPP Регоплант (фаза кущіння)

| Варіант досліджу | Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирової речовини за 1 хв. | Пероксидаза мкМоль окисненого гвакаялу/г сирової речовини за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової речовини за 1 хв. |
|---|--|--|--|
| Без застосування препаратів (контроль I) | 101,9 | 119,4 | 27,4 |
| Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль II) | 107,7 | 122,7 | 29,3 |
| Пік 75 WG 10г/га | 128,3 | 139,9 | 31,8 |
| Пік 75 WG 15г/га | 135,2 | 148,0 | 33,6 |
| Пік 75 WG 20г/га | 138,9 | 150,4 | 34,9 |
| Пік 75 WG 25г/га | 131,2 | 142,5 | 36,0 |
| Регоплант 50мл/га | 116,3 | 124,5 | 28,6 |
| Пік 75 WG 10г/га + Регоплант 50мл/га | 134,1 | 146,8 | 33,9 |
| Пік 75 WG 15г/га + Регоплант 50мл/га | 139,2 | 155,2 | 35,4 |
| Пік 75 WG 20г/га + Регоплант 50мл/га | 145,1 | 159,2 | 38,3 |
| Пік 75 WG 25г/га + Регоплант 50мл/га | 135,4 | 146,3 | 38,7 |
| Регоплант 250мл/т (фон) | 105,5 | 120,9 | 28,0 |
| Фон + Пік 75 WG 10г/га | 130,4 | 142,4 | 33,1 |
| Фон + Пік 75 WG 15г/га | 136,4 | 151,8 | 34,5 |
| Фон + Пік 75 WG 20г/га | 141,0 | 155,8 | 35,8 |
| Фон + Пік 75 WG 25г/га | 131,9 | 143,3 | 37,2 |
| Фон + Пік 75 WG 10г/га + Регоплант 50мл/га | 138,6 | 149,9 | 36,0 |
| Фон + Пік 75 WG 15г/га + Регоплант 50мл/га | 145,4 | 158,5 | 39,8 |
| Фон + Пік 75 WG 20г/га + Регоплант 50мл/га | 151,4 | 165,7 | 41,2 |
| Фон + Пік 75 WG 25г/га + Регоплант 50мл/га | 143,1 | 162,4 | 32,4 |
| Фон + Регоплант 50мл/га | 118,0 | 127,3 | 29,8 |
| <i>HIP₀₅</i> | 5,8-7,9 | 7,2-9,0 | 1,4-2,0 |

ферменту в інактивації продуктів метаболізму, утворених внаслідок дії гербіциду. За внесення Піку 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25г/га з Регоплантом 50мл/га активність поліфенолоксидази зростала до контролю I у 1,24; 1,29; 1,40 і 1,41 рази. У варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння PPP з наступним внесенням тих же норм гербіциду Пік 75 WG активність поліфенолоксидази складала 33,1; 34,5; 35,8; 37,2 мкМоль при 28,0 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти у варіанті, де проводили тільки обробку посівного матеріалу PPP.

Найвищу активність поліфенолоксидази, як і у випадку з каталазою та пероксидазою, було відмічено у варіантах досліджу з внесенням бакових сумішей Піку 75 WG (10; 15; 20; 25г/га) з Регоплантом (50мл/га) по фоні обробки насіння цим же PPP, де активність ферменту в порівнянні з контролем I зростала на 31; 45; 50 і 18% відповідно до норм гербіциду.

Досліджуючи ферментативну активність рослин соризу у фазі викидання волоті, було відмічено загальну тенденцію до зниження активності ферментів у порівнянні до фази кущіння, що може свідчити про стабілізацію детоксикаційних процесів у рослинах, проте ферментативна активність со-

риз, як і в попередню фазу, залежала від норм внесення гербіциду та способів використання PPP (табл 2). Так, у варіантах, де вносилися гербіцид Пік 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25г/га активність каталази знизилася у середньому на 7-10%, пероксидази на 1-3%, поліфенолоксидази на 8-13% порівняно з активністю даних ферментів у цих же варіантах у фазу кущіння. За внесення досліджуваних норм гербіциду у суміші з PPP активність ферментів у порівнянні з фазою кущіння знизилася на 6-10% – для каталази, 9-11% – для пероксидази та 4-15% – для поліфенолоксидази.

У варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння Регоплантом 250 мл/т і застосовували Пік 75 WG у нормах 10; 15; 20; 25 г/га активність ферментів у фазу викидання волоті порівнянно з фазою кущіння знижувалася на 7-9% – для каталази, 2-5% – для пероксидази, 5-17% – для поліфенолоксидази, а у варіантах комплексного застосування препаратів (Пік 75 WG посходове внесення + Регоплант посходове внесення + Регоплант обробка посівного матеріалу) активність каталази знизилася на 7-12%, пероксидази – 16-23%, поліфенолоксидази – 6-9%.

Проте висока активність ферментів у фазу викидання волоті простежувалась у варіантах застосування Піку 75

Таблиця 2

Активність ферментів класу оксидоредуктаз у листках соризу за дії різних норм гербіциду Пік 75 WG і PPP Регоплант (фаза викидання волоті)

| Варіант досліджу | Каталаза, мкМоль розкладеного H ₂ O ₂ /г сирової речовини за 1 хв. | Пероксидаза мкМоль окисненого гваяколу/г сирової речовини за 1 хв. | Поліфенолоксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової речовини за 1 хв. |
|---|--|--|--|
| Без застосування препаратів (контроль I) | 110,1 | 113,0 | 24,9 |
| Ручні прополювання впродовж вегетації (контроль II) | 104,5 | 125,4 | 27,9 |
| Пік 75 WG 10г/га | 116,0 | 137,2 | 29,3 |
| Пік 75 WG 15г/га | 123,7 | 143,1 | 30,8 |
| Пік 75 WG 20г/га | 128,8 | 149,4 | 32,0 |
| Пік 75 WG 25г/га | 121,2 | 138,5 | 31,4 |
| Регоплант 50мл/га | 93,2 | 118,1 | 27,0 |
| Пік 75 WG 10г/га + Регоплант 50мл/га | 120,2 | 131,8 | 31,9 |
| Пік 75 WG 15г/га + Регоплант 50мл/га | 130,7 | 140,0 | 34,1 |
| Пік 75 WG 20г/га + Регоплант 50мл/га | 135,7 | 144,7 | 36,5 |
| Пік 75 WG 25г/га + Регоплант 50мл/га | 124,0 | 130,1 | 32,9 |
| Регоплант 250мл/т (фон) | 84,4 | 112,5 | 25,5 |
| Фон + Пік 75 WG 10г/га | 119,0 | 139,4 | 30,0 |
| Фон + Пік 75 WG 15г/га | 125,9 | 146,8 | 31,4 |
| Фон + Пік 75 WG 20г/га | 131,4 | 152,2 | 34,0 |
| Фон + Пік 75 WG 25г/га | 122,2 | 135,9 | 30,8 |
| Фон + Пік 75 WG 10г/га + Регоплант 50мл/га | 123,8 | 123,4 | 33,8 |
| Фон + Пік 75 WG 15г/га + Регоплант 50мл/га | 134,8 | 133,8 | 36,2 |
| Фон + Пік 75 WG 20г/га + Регоплант 50мл/га | 139,1 | 139,5 | 38,0 |
| Фон + Пік 75 WG 25г/га + Регоплант 50мл/га | 126,3 | 125,1 | 30,5 |
| Фон + Регоплант 50мл/га | 95,3 | 116,0 | 27,6 |
| <i>HIP₀₅</i> | <i>5,2-6,8</i> | <i>5,6-9,2</i> | <i>1,5-2,7</i> |

WG у нормах 10; 15; 20; 25г/га в суміші з PPP Регоплант по фоні обробки насіння PPP Регоплант, де активність каталази перевищувала контроль I на 13,7; 24,7; 29,0 і 16,2 мкМоль розкладеного H₂O₂, пероксидази – 10,4; 20,8; 26,5; 12,1 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – 8,9; 11,3; 13,1; 5,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти.

Висновки. Одержані результати дають підставу стверджувати, що внесення гербіциду Пік 75 WG у нормах 15-20 г/га у комплексі з PPP Регоплант (посходове внесення 50 мл/га та обробка насіння 250 мл/т) значно підвищує активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз в досліджуваній фазі розвитку рослин соризу: на 22-49% каталази, 18-39% пероксидази, 45-53% поліфенолоксидази. Зростання ферментативної активності рослин соризу за використання гербіциду Пік 75 WG і PPP Регоплант, очевидно забезпечує більш швидкі темпи детоксикації ксенобіотики на фоні загального зростання фізіолого-біохімічних показників, якими визначається формування продуктивності посівів.

Література

1. Воронюк З. І не сорго, і не рис, то — сориз [Електронний ресурс] / З. Воронюк // Агробізнес сьогодні. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://progrozitsiya.com/ua/i-ne-sorgo-i-ne-ris-soriz>.
 2. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П., Пидан Л. Ф. Стан ферментної системи рослин соняшника за використання гербіциду Фюзилад Форте 150 і регулятора росту рослин Радостим // Зб. наук. праць Уманського НУС. Умань, 2016. Вип.

88. Ч. 1. С. 16–23.
 3. В. П. Карпенко. Фізіолого-біохімічні механізми інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / В. П. Карпенко, Р. М. Питуляк, А. А. Дашенко, Ю. І. Івасюк. // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2016. – С. 72–75.
 4. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода / О. Г. Полесская. – М., 2007. 139 с.
 5. Scandalios J. G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses / J. G. Scandalios // Braz. J. Med. And Biol. Res. – 2005. – 38. – P. 995–1014.
 6. Карпенко В.П. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан / Карпенко В.П., Питуляк Р.М., Чернега А.О. // Збірник наукових праць Уманського НУС. – Умань, 2013. – Вип. 83. – С. 19–25.
 7. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений / В.А. Андреева. – Москва : Наука, 1988. – 128 с.
 8. Михайлова М. П., Каманина Л. А. Влияние почвенного гербицида Тайфун на активность пероксидаз в растениях сои сорта Лидия. Новітні агротехнології: теорія та практика: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, 11 липня 2017 р.) / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2016. С. 119–120.
 9. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Питуляк Р. М., Полторецький С. П., Мостов'як І. І., Фоменко О. О. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Сочинський, 2012. 357 с.
 10. Грицаєнко З. М. Активність ферментів антиоксидантних систем в рослинах пшениці ярої при застосуванні гербіциду лінтуру та стимулятора росту Емістиму С / З. М. Грицаєнко, А. В. Заболотна. // Збірник наукових праць уманського національного університету садівництва. – 2010. – С. 24–29.
 11. Починюк Х. М. Методы биохимического анализа растений. К.: Наук. думка. 1976. С. 5–77.

References

1. Voroniuk Z. I ne sorho, i ne rys, i ne soryz [Elektronnyi resurs] / Z. Voroniuk // Ahrobiznes sohodni. – 2013. – Rezhym dostupu do resursu: <https://propozitsiya.com/ua/i-ne-sorho-i-ne-rys-soriz>.
2. Hrytsaienko Z. M., Karpenko V. P., Pidan L. F. Stan fermentnoi systemy roslyn soniashnyka za vykorystannia herbitydu Fiuzylad Forte 150 i rehliatora rostu roslyn Radostym // Zb. nauk. prats Umanskoho NUS. Uman. 2016. Vyp. 88. Ch. 1. S. 16–23.
3. V. P. Karpenko. Fiziolohe-biokhimichni mekhanizmy intehrovanoi dii herbitydyv i rehliatoriv rostu roslyn / V. P. Karpenko, R. M. Prytuliak, A. A. Datsenko, Yu. I. Ivasiuk. // Visnyk Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva. – 2016. – S. 72–75.
4. Poleskaia O. H. Rastytelnaia kletka y aktyvnye formy kysloroda / O. H. Poleskaia. – M., 2007. 139 s.
5. Scandalios J. G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses / J. G. Scandalios // Braz. J. Med. And Biol. Res. – 2005. – 38. – P. 995–1014.
6. Karpenko V.P. Aktyvnist okremykh antyoksydantnykh fermentiv klasu oksydoreduktaz za dii herbitydu Kalibr 75 i rehliatora rostu roslyn Biolan / Karpenko V.P., Prytuliak R.M., Cherneha A.O. // Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS. – Uman, 2013. – Vyp. 83. – S. 19–25.
7. Andreeva V.A. Ferment peroksydaza: uchastye v zashchytnom mekhanizme rastenyi / V.A. Andreeva. – Moskva : Nauka, 1988. – 128 s.
8. Mykhailova M. P., Kamanyna L. A. Vlyanye pochvennoho herbitysyda Taifun na aktyvnost peroksydaz v rastenyakh soy sorta Lydyia. Novitni ahrotekhnologii: teoriia ta praktyka : tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovykh-praktychnoi konferentsii, prysviachenoii 95-richchiiu Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv NAAN (m. Kyiv, 11 lypnia 2017 r.) / Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy, In-t bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv. Vinnytsia : Nilan-LTD, 2016. S. 119–120.
9. Karpenko V. P., Hrytsaienko Z. M., Prytuliak R. M., Poltoretskyi S. P., Mostov'iak I. I., Fomenko O. O. Bioloheichni osnovy intehrovanoi dii herbitydyv i rehliatoriv rostu roslyn; za red. V. P. Karpenka. Uman: Sochinskyi, 2012. 357 s.
10. Hrytsaienko Z. M. Aktyvnist fermentiv antyoksydantnykh system v roslynakh pshenytsi yaroii pry zastosuvanni herbitysydu linturu ta stymuliatora rostu Emistymu S/Z. M. Hrytsaienko, A. V. Zabolotna. // Zbirnyk naukovykh prats umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva. – 2010. – S. 24–29.
11. Pochynok Kh. M. Metody byokhymycheskoho analiza rastenyi. K.: Nauk. dumka. 1976. S. 5–77.