

А. І. Крючкова, Т. Р. Левенець, В. Л. Матюха*

Дніпропетровський національний університет

Інститут зернового господарства УААН*

ДИНАМІКА АКТИВНОСТІ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ФЕРМЕНТІВ У СТИГЛОМУ ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ ТЕМПЕРАТУР ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

Вивчено динаміку питомої активності каталази і пероксидази в стиглому зерні кукурудзи ряду районованих гібридів різних строків стиглості під впливом строків сівби та регуляторів росту. Виявлено залежність активності даних ферментів від строків сівби і впливу інкрустації насіння. Обговорюється можливість підбору оптимальних строків сівби і використання регуляторів росту для зняття стресового впливу погодних умов на адаптивні системи рослин.

Catalase and peroxidase activity dynamic in ripe corn of different ripeness term maize hybrids on sowing term and grow regulator influence was studied. Term sowing and seeds incrustation influence on these enzymes activity dependence was discovered. The possibility of optimum sowing term selection and grow regulators using for adaptive plant systems condition influences were discussed.

Останнім часом є актуальним підбір найбільш оптимальних строків сівби сільськогосподарських рослин у зв'язку з глобальними змінами кліматичних умов на Землі. Актуальним також є використання нових препаратів-адаптогенів з метою підвищення адаптивних властивостей культурних рослин, поліпшення якості та зростання врожаю, вирощеного із застосуванням гербіцидів.

Доведено, що різноманітні екстремальні чинники викликають у рослинних тканинах зміни, що проявляються в порушенні проникності біомембран, інтенсивності фотосинтезу і дихання, впливають на білковий метаболізм і структуру білків [3; 4].

Активация антиокисних ферментів є характерною реакцією, яка має своє проявлення у різних об'єктах і різних типах екзогенних факторів. Підвищення активності пероксидази є універсальним індикатором дій негативних чинників на асиміляційні органи рослин. Каталаза стоїть серед ферментів на одному з перших місць по каталітичній активності [1]. Між каталазою і пероксидазою існує удаваний антагонізм: пероксидаза активує перекис водню, у той час як каталаза швидко і цілком розкладає його. Однак діючи одночасно, обидва ферменти не порушують свої специфічні функції, тому що каталаза руйнує ту частину перекису, що не може бути використана пероксидазою для окисних процесів. Відхилення в активності пероксидази і каталази можуть бути використані не тільки для характеристики метаболічного статусу рослин, але й для оцінки кліматичних впливів, дії регуляторів росту [5; 6; 7].

У зв'язку з цим метою нашої роботи було вивчення впливу різних строків сівби на фізіолого-біохімічні параметри стиглого насіння рослин кукурудзи. З метою знешкодження негативної дії останніх проведена апробація нового регулятора росту комплексоната Реаком-С з додаванням у комплексі гаучо та вітаваксу 200 ФФ в умовах польового дослідження.

Матеріали та методи

Нами було вивчено динаміку питомої активності пероксидази і каталази в стиглому зерні районуваних гібридів різних строків стиглості, які було посіяно при різній температурі ґрунту: 6–8 °С – ранні, 8–10 °С – середні, 10–12 °С – пізні строки сівби. За десять днів перед засіванням частина насіння гібридів була оброблена препаратом комплексоната Реаком-С з додаванням у комплексі гаучо та вітаваксу 200 ФФ. Попередником кукурудзи була озима пшениця. Ґрунт було орано восени на глибину 30 см із внесенням мінеральних добрив, весною було проведено передпосівний обробіток ґрунту з внесенням гербіциду харнес (2,5–3 л/га). Посів, формування густоти стояння, подальший догляд за посівами і міжрядні обробки, збирання врожаю проводилися вручну. Експеримент проводився разом з Інститутом зернового господарства УААН.

Реакція пероксидази (ПО) і каталази, що мають загальний субстрат у живій клітині, є неспецифічними відповідями організмів на дію стрес-чинників різної природи, а направленість змін свідчить про стан адаптації організму та рівень процесів вільнорадикального окислення. У зв'язку з цим нами проведено вивчення впливу препаратів-адаптогенів та різних строків посіву кукурудзи на питому активність (ПА) пероксидази й каталази в стиглому зерні нового врожаю.

Активність ферментів визначали в борошні стиглого зерна. Визначення активності ферментів проводили за загально прийнятими методами [2; 8]. Загальний білок визначали за методом M. Bradford [9].

За умовний контроль були прийняті значення, що відповідали середньому строку сівби зерен кукурудзи при температурі ґрунту 8–10 °С, як для рослин вирощених із неінкрустованого (колонка С₁), так і з інкрустованого насіння (колонка С), щоб проаналізувати вплив передпосівної обробки насіння на обумовлені параметри.

Результати та їх обговорення

Рівень ПА окисно-відновних ферментів у борошні стиглого зерна ранніх гібридів мав наступні значення: для інкрустованого насіння гібрида Кремінь 200 СВ спостерігалось підвищення рівня питомої активності ПО на 52% при ранніх строках і на 15% – при пізніх строках, що корелює із середньою масою зерна кукурудзи, ПА каталази незначно коливалась відносно контрольного значення. Максимальна врожайність спостерігалась при середніх строках сівби (табл. 1). Для гібрида Дніпровський 196 СВ для інкрустованого насіння спостерігалось незначне підвищення рівня ПА обох ферментів для раннього й пізнього строків сівби відносно контролю для інкрустованого насіння (колонка С). Для контролю, за який прийнято значення для середнього строку сівби неінкрустованого насіння (колонка С₁), спостерігалось підвищення питомої активності ПО для всіх розглянутих випадків. Спостерігається прямопропорційна залежність із середньою масою та врожайністю зерна. ПА каталази незначно зменшується тільки для ранніх строків сівби неінкрустованого насіння, в інших випадках вона незначно перевищує контроль (табл. 1). Для ранньосередніх гібридів динаміка активності даних ферментів мала такий вигляд. Для зерна рослин гібрида ДЧ 265 МВ, вирощених з

інкрустованого насіння, спостерігалось значне зниження питомої активності ПО при пізньому строку сівби на 32%. Коливання ПА каталази відносно контролю незначні. Для раннього й пізнього строків сівби спостерігалось значне збільшення як середньої маси зерна, так і середнього урожаю з качана (табл. 1). Динаміка питомої активності ПО для гібрида Кадр 217 МВ була подібна як для інкрустованого, так і неінкрустованого насіння. Вона незначно знижувалася на 10% для зерна, вирощеного з неінкрустованого, і на 15% – з інкрустованого насіння при ранніх строках сівби і значно підвищувалася в пізні строки сівби: на 148% для зерна, одержаного з неінкрустованого, і на 48% – з інкрустованого насіння. Значення ПА каталази для зерна, вирощеного з інкрустованого насіння, незначно коливалось відносно контролю (колонка С), і було підвищеним відносно контролю, вирощеного з неінкрустованого насіння для всіх строків сівби (колонка С₁). ПА каталази для зерна, вирощеного з неінкрустованого насіння, на 9% вище при ранніх строках сівби і на 7% менше для пізніх строків сівби. Для даного гібрида не виявлено чіткої кореляції активності ферментів з середньою масою зерна й врожайністю кукурудзи (табл. 1).

Для зерна середньостиглого гібрида Дар 347 МВ, вирощеного з інкрустованого насіння, ПА пероксидази знижується до 62% при ранніх строках і до 70% при пізніх строках сівби; ПА каталази, навпаки, підвищується до 154% і до 111% відповідно строкам сівби. Існує кореляція ПА пероксидази з середньою масою й урожайністю зерна (табл. 2). ПА пероксидази зерна гібрида Дніпровський 337 СВ, вирощеного з інкрустованого насіння, була вища відносно контролю на ~30% для раннього й пізнього строків сівби (колонка С). Відносно контролю, одержаного з неінкрустованого насіння, спостерігається зниження ПА пероксидази на 41% при ранніх строках посіву і незначне підвищення на 9% при пізніх строках для неінкрустованих рослин, і підвищення рівня ПА пероксидази при ранніх і пізніх строках сівби на ~10% і зниження на 17% при середніх строках для зерна, одержаного з інкрустованого насіння (колонка С₁). Для каталази спостерігається майже в усіх випадках підвищення рівня ПА. В ряду випадків має місце кореляція між ПА пероксидази і врожайністю качанів кукурудзи (табл. 2).

Для досліджених нами середньопізніх гібридів питома активність окисно-відновних ферментів мала різну динаміку. Для рослин гібрида Кодацький 442 СВ, вирощених з інкрустованого насіння, спостерігалось значне підвищення ПА пероксидази і зниження ПА каталази в ранні й пізні строки посіву відносно контролю. Максимальні значення урожайності й маси зерна спостерігалися для середніх строків сівби. Для зерна, одержаного з інкрустованого насіння гібрида Дніпровський 453 МВ, ПА пероксидази підвищується відносно контролю для інкрустованих рослин при пізньому строку сівби на 41% і незначно знижується при ранньому посіві. Значення ПА каталази відносно даного контролю знижуються в обох випадках. Відносно контролю, одержаного з неінкрустованого насіння, ПА обох окисно-відновних ферментів знижується: значно – пероксидаза і на 4–8% – каталаза. Урожайність качанів підвищується при пізніх строках сівби, середня маса зерна, навпаки, зменшується. Певного зв'язку між одержаними результатами в даному випадку не виявлено.

Таблиця 1.

Динаміка питомої активності пероксидази і каталази в стиглому зерні ранньо- і ранньосередніх районуваних гібридів кукурудзи

Варіанти досліджу	Строк сівби	Температура ґрунту, °С	Назва гібрида	Питома активність пероксидази		Питома активність каталази		Маса 500 зерен		Середній урожай з одного качана	
				C	C ₁	C	C ₁	C	C ₁	C	C ₁
Ранні гібриди											
1	09.04.04	6-8	Кремень 200 СВ *	1,52	-	0,95	-	1,38	-	0,82	-
2	19.04.04	8-10	Кремень 200 СВ *	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-
3	28.04.04	10-12	Кремень 200 СВ *	1,15	-	1,03	-	1,08	-	0,74	-
4	09.04.04	6-8	Дніпровський 196 СВ	-	1,17	-	0,94	-	1,18	-	1,53
5	19.04.04	8-10	Дніпровський 196 СВ	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00
6	28.04.04	10-12	Дніпровський 196 СВ	-	1,33	-	1,04	-	1,11	-	1,51
7	09.04.04	6-8	Дніпровський 196 СВ*	1,04	1,23	1,08	1,11	1,43	1,50	1,11	1,55
8	19.04.04	8-10	Дніпровський 196 СВ*	1,00	1,19	1,00	1,03	1,00	1,05	1,00	1,39
9	28.04.04	10-12	Дніпровський 196 СВ*	1,16	1,38	1,03	1,06	1,05	1,11	1,01	1,41
Ранньосередні гібриди											
10	09.04.04	6-8	ДЧ 265 МВ*	0,98	-	1,15	-	1,48	-	1,13	-
11	19.04.04	8-10	ДЧ 265 МВ*	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-
12	28.04.04	10-12	ДЧ 265 МВ*	0,68	-	0,99	-	0,89	-	1,08	-
13	09.04.04	6-8	Кадр 217 МВ	-	0,90	-	1,09	-	1,53	-	1,08
14	19.04.04	8-10	Кадр 217 МВ	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00
15	28.04.04	10-12	Кадр 217 МВ	-	2,48	-	0,97	-	1,02	-	1,03
16	09.04.04	6-8	Кадр 217 МВ*	0,85	0,85	1,06	1,30	0,88	0,98	1,07	1,13
17	19.04.04	8-10	Кадр 217 МВ*	1,00	1,00	1,00	1,22	1,00	1,12	1,00	1,05
18	28.04.04	10-12	Кадр 217 МВ*	1,48	1,48	0,92	1,12	0,84	0,94	0,87	0,92

Примітки:

C – відношення дослідного значення до контрольного для зерна, вирощеного з інкрустованого насіння;
C₁ – відношення дослідного значення до контрольного для зерна, вирощеного з інкрустованого і неінкрустованого насіння;
* – інкрустація насіння комплексом Реактом-С + гаучо + вітавакс 200 ФФ.

Таблиця 2
Динаміка питомої активності пероксидази і каталази в стиглому зерні середньопізніх районуваних гібридів кукурудзи

Варіанти дослідів	Строк сівби	Температура ґрунту, °С	Назва гібрида	Питома активність пероксидази		Питома активність каталази		Маса 500 зерен		Середній урожай з одного качана	
				C	C ₁	C	C ₁	C	C ₁	C	C ₁
Середньостиглі гібриди											
19	09.04.04	6-8	Дар 347 MB*	0,62	-	1,54	-	0,86	-	0,86	-
20	19.04.04	8-10	Дар 347 MB*	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-
21	28.04.04	10-12	Дар 347 MB*	0,70	-	1,11	-	0,89	-	0,92	-
22	09.04.04	6-8	Дніпровський 337 СВ	-	0,69	-	1,08	-	1,09	-	0,77
23	19.04.04	8-10	Дніпровський 337 СВ	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00
24	28.04.04	10-12	Дніпровський 337 СВ	-	1,09	-	1,03	-	0,80	-	0,89
25	09.04.04	6-8	Дніпровський 337 СВ*	1,31	1,09	1,11	1,28	1,03	1,03	0,73	0,87
26	19.04.04	8-10	Дніпровський 337 СВ*	1,00	0,83	1,00	1,16	1,00	1,00	1,00	1,20
27	28.04.04	10-12	Дніпровський 337 СВ*	1,33	1,11	0,95	1,10	0,83	0,83	0,74	0,89
Середньопізні гібриди											
28	09.04.04	6-8	Дніпровський 453 MB	-	0,36	-	0,98	-	1,16	-	1,03
29	19.04.04	8-10	Дніпровський 453 MB	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00
30	28.04.04	10-12	Дніпровський 453 MB	-	0,73	-	0,97	-	0,95	-	1,15
31	09.04.04	6-8	Дніпровський 453 MB*	0,97	0,51	0,97	0,94	1,16	1,16	0,93	0,81
32	19.04.04	8-10	Дніпровський 453 MB*	1,00	0,52	1,00	0,97	1,00	0,99	1,00	0,87
33	28.04.04	10-12	Дніпровський 453 MB*	1,41	0,74	0,95	0,92	0,99	0,99	1,32	1,14
34	09.04.04	6-8	Кодацький 442 СВ*	1,77	-	0,88	-	0,88	-	0,83	-
35	19.04.04	8-10	Кодацький 442 СВ*	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-
36	28.04.04	10-12	Кодацький 442 СВ*	1,77	-	0,93	-	0,88	-	0,68	-

Примітки:

C – відношення дослідного значення до контрольного для зерна, вирощеного з інкрустованого насіння;
C₁ – відношення дослідного значення до контрольного для зерна, вирощеного з інкрустованого і неінкрустованого насіння;
* – інкрустація насіння комплексом Реактом-С + гаучо + вітавакс 200 ФФ.

У нашій роботі показана роль окисно-відновних ферментів (пероксидаза, каталаза) як маркерів процесів вільнорадикального окислення в тканинах рослин в умовах різних строків сівби. Використання комплексоната Реакон-С з додаванням у комплексі гаучо та вітаваксу 200 ФФ підвищувало рівень ПА пероксидази і каталази в зерні, одержаному з рослин, вирощених з інкрустованого насіння, відносно неінкрустованого контролю майже в усіх випадках, крім середньопізніх гібридів. Одержані дані непрямо характеризують підвищення рівня метаболічних процесів у даному випадку. Але рівень ПА пероксидази і каталази для зерна, одержаного з інкрустованого насіння, незначно коливається відносно інкрустованого контролю, це може вказувати в даному випадку на нівелювання впливу навколишнього середовища на розвиток зерна нового врожаю. В багатьох випадках спостерігалася залежність між середньою масою зерна й рівнем ПА пероксидази.

Згідно з нашими дослідженнями, найбільш оптимальним для формування максимального врожаю качанів є середні строки сівби для ранніх, середньостиглих гібридів, ранні строки – для ранньосередніх і пізні – для середньопізніх гібридів. Інкрустація насіння сприяла підвищенню врожайності качанів, але не мала чіткого зв'язку із середньою масою зерна.

Бібліографічні посилання

1. **Абрамян С. А.** Каталазная активность гумусовых препаратов почв / С. А. Абрамян, А. Ш. Галстян. – Докл. ВАСХНИЛ. – 1982, № 5. – С. 8–10.
2. **Бояркин А. А.** Быстрый метод определения пероксидазы. // Биохимия. – 1961. – Т. 16, № 4 – С. 352.
3. **Деева В. Н.** Физиолого-биохимическая природа адаптивных реакций генетически различных форм растений с помощью физиологически активных веществ. // Регулирование адаптивных реакций и продуктивности растений элементами минерального питания. – Кишинев: Штиница, 1987. – С. 11–19.
4. **Коцюбинська Н. П.** Аутекологічна адаптація культурних рослин до антропогенних факторів довкілля / Автореф. дис... докт. біол. наук за спеціальністю 03.00.16 – Екологія. – Д., 1996.
5. **Коцюбинская Н. П.** Ферменты и адаптация растений к условиям среды.// Адаптация растений в антропогенных условиях: Сб. научн. трудов. – Днепропетровск: ДГУ, 1992. – С. 57–62.
6. **Кучеренко В. П.** Прогнозирование зимостойкости растений по показателям активности пероксидазы / В. И. Северин, Л. И. Коваль // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 2. – С. 179–188.
7. **Петрушенко В. В.** Адаптивные реакции растений. – К.: Вища школа, 1981.
8. **Плешков Б. П.** Изоферменты растений. – М.: МГУ, 1975.
9. **Bradford M. M.** A rapid and sensitive method for quantities of protein utilizing the principle of protein dyu bindig // Anal. Biochem. – 1976. – P. 250.

Надійшла до редколегії 25.01.05