



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 581.2.02
© 2012

М.М. Мусієнко,
академік НААН

Н.С. Грудіна

Л.М. Бацманова,
кандидат
біологічних наук

Н.Ю. Таран,

доктор
біологічних наук

Київський
національний університет
імені Тараса Шевченка

ЗАХИСНІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗА ДІЇ ДИКВАТУ

*Наведено результати дослідження впливу
низької концентрації десиканту диквату на
розвиток окиснювальних і захисних реакцій,
а також на реалізацію зернової продуктивності
у рослин пшениці різних екотипів.*

Практичне сільське господарство поки що не може обійтися без засобів хімічного прополювання — гербіцидів. Причиною їх широкого застосування є відсутність реальних економічно та екологічно обґрунтованих альтернативних методів боротьби з бур'янами. З одного боку, гербіциди сприяють підвищенню урожайності рослин, а з другого — є інгібіторами метаболізму, оскільки, потрапивши в клітини рослин, індукують розвиток вільнорадикальних процесів, які супроводжуються пошкодженням основних біологічних макромолекул, порушується рівновага між прооксидантами та антиоксидантами, що призводить до розвитку окиснювального стресу. Гербіциди, якими обробляють посіви, розкладаються як усередині рослини, так і поза нею, діють на рослинний організм тривалий час, іноді впродовж усього вегетаційного періоду. Простежити за їхнім розподілом нелегко, низькі концентрації цих сполук впливають і на рослини, для яких вони не були призначені. У випадку з польовими культурами вони діють адитивно із загальноприйнятими дозами гербіцидів, які застосовуються на полі [3, 4].

Механізм дії контактних гербіцидів диквату, параквату (метилвіологен) та їхніх похідних зводиться до перехоплення електрона від природного акцептора фотосистеми I (ФС I). Акцептування електрона призводить до утворення його забарвленого радикала, який відновлює молекулярний кисень до супероксиданіон

радикала. У польових умовах ФС I — найважливіша система для відновлення біпіридилієвих

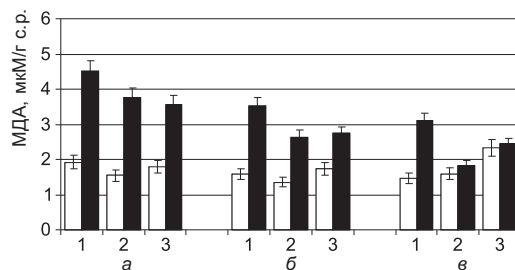


Рис. 1. Уміст МДА у листках пшениці озимої після обробки дикватом: □ — контроль; ■ — дослід; а — через 24 год; б — 48 год; в — у фазі цвітіння; 1 — Тронка; 2 — Столична; 3 — Панна (для рис. 1 і 2)

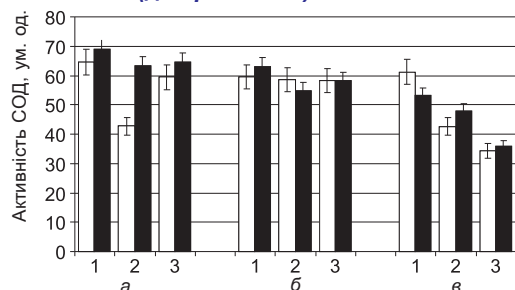


Рис. 2. Активність СОД у листках пшениці озимої після обробки дикватом

1. Уміст пластидних пігментів у рослин пшениці за дії диквату у концентрації $1 \cdot 10^{-6}$ М

Сорт	К/Д	Хлорофіл а	Хлорофіл в	Каротиноїди	Співвідношення	
					а/в	а+в/каротин
		мг/г сирові речовини				
24 год						
Тронка	К	2,54±0,13	0,93±0,05	1,04±0,04	2,67±0,12	3,53±0,16
	Д	2,60±0,12	1,12±0,04	0,34±0,02	2,32±0,12	11,14±0,49
Столична	К	2,55±0,12	0,97±0,05	1,05±0,04	2,64±0,10	3,35±0,15
	Д	2,70±0,11	1,30±0,05	0,35±0,04	2,13±0,09	11,43±0,51
Панна	К	2,51±0,13	0,93±0,03	1,03±0,03	2,88±0,11	3,32±0,17
	Д	2,90±0,12	1,40±0,05	0,37±0,02	2,08±0,10	11,62±0,75
48 год						
Тронка	К	2,56±0,10	0,92±0,04	1,00±0,05	2,78±0,09	3,40±0,16
	Д	2,00±0,05	0,90±0,05	0,45±0,05	2,22±0,07	6,44±0,28
Столична	К	2,54±0,11	0,97±0,05	1,02±0,03	2,62±0,09	3,44±0,15
	Д	2,00±0,04	0,85±0,04	0,73±0,04	2,35±0,08	3,90±0,17
Панна	К	2,50±0,10	0,91±0,05	1,03±0,04	2,75±0,08	3,31±0,15
	Д	1,91±0,07	0,82±0,03	0,69±0,04	2,33±0,10	3,96±0,10
Фаза цвітіння (22-га доба)						
Тронка	К	2,23±0,09	0,70±0,05	1,12±0,04	3,20±0,15	2,62±0,12
	Д	1,61±0,07	0,32±0,05	0,83±0,04	5,03±0,21	2,33±0,11
Столична	К	2,40±0,10	0,70±0,04	0,90±0,05	3,40±0,18	3,35±0,14
	Д	1,58±0,09	0,42±0,03	0,67±0,04	3,76±0,17	3,00±0,15
Панна	К	2,19±0,10	0,54±0,03	1,02±0,05	3,99±0,15	2,60±0,10
	Д	1,64±0,09	0,43±0,03	0,65±0,03	3,81±0,17	3,18±0,14
Примітка. К — контроль; Д — дослід (для табл. 1 і 2).						

гербицидів, що підтверджено взаємозв'язком між освітленістю і появою ушкоджень у тканин [10, 11]. Проблема захисту культурних рослин від негативного впливу гербицидів у період вегетації залишається складною і недостатньо розробленою, а селекція на добір стійких до гербицидів сортів є актуальнішою, ніж створення нових препаратів.

Мета роботи — з'ясувати розвиток захисних реакцій у рослин пшениці різних екотипів за дії низьких концентрацій десиканту диквату в умовах польової культури.

Матеріали та методи. Фізіолого-біохімічні показники за дії диквату вивчали на рослинах пшениці озимої лісостепового та степового екотипів у фазі кушіння та цвітіння. Рослини вирощували в дрібноділянкових (10 м²) дослідках на полях ННЦ «Інститут землеробства НААН» на

сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. Агро-технічна обробка — загальноприйнята для зони вирощування. Надземну частину рослин пшениці лісостепового (Столична) та степового (Панна, Тронка) екотипів обробляли розчином диквату в концентрації $1 \cdot 10^{-6}$ М, контрольні — дистильованою водою. Обприскування рослин проводили в ранковий час за 100%-ї хмарності дрібнодисперсним способом у фазі кушіння. Через 24 та 48 год досліджували швидкість розвитку окиснювальних ушкоджень за вмістом малонового діальдегіду (МДА) та розвиток захисних процесів за активністю супероксиддисмутази (СОД). Ступінь стійкості рослин пшениці оцінювали у фазі цвітіння за стабілізацією окиснювальних процесів, активністю захисних систем і вмістом фотосинтетичних пігментів.

2. Структура врожаю сортів пшениці за дії диквату $1 \cdot 10^{-6}$ М

Варіант	Елементи структури врожаю			
	Кількість, шт.		Маса, г	
	колосків у колосі	зерен у колосі	зерна в колосі	1000 зерен
<i>Тронка</i>				
К	16,0±0,5	41,0±1,8	2,33±0,37	47,59±1,15
Д	15,0±0,8	38,0±1,4	1,49±0,09	36,57±1,73
<i>Столична</i>				
К	15,0±1,0	39,0±1,9	1,59±0,01	43,87±2,04
Д	16,0±0,25	41,0±1,0	1,57±0,09	43,40±2,32
<i>Панна</i>				
К	16,0±0,01	40,0±1,7	2,24±0,19	51,36±1,23
Д	16,0±0,55	37,0±0,1	1,64±0,12	44,80±2,76

Пероксидне окиснення ендogenousних ліпідів визначали в надосадовій рідині гомогенату рослинних тканин за утворенням одного з кінцевих продуктів пероксидації — МДА, вміст якого встановлювали за величиною екстинкції продукту його конденсації з тіобарбітуровою кислотою [1]. Уміст пігментів визначали спектрофотометричним методом [17]. Активність СОД (КФ 1.15.1.1.) знаходили за С. Чеварі та спів-авт. [12]. Фітотоксичну дію гербіциду на ріст рослин визначали за морфометричними показниками. Вплив на продукційний процес оцінювали за елементами структури врожаю [9]. Отримані результати обробляли методом варіаційної статистики [7].

Результати та обговорення. Як засвідчили результати наших досліджень, дикват, що проник у тканини листка в концентрації $1 \cdot 10^{-6}$ М, ініціював розвиток окиснювальних процесів у сортів обох екотипів, які характеризувалися накопиченням продуктів ПОЛ, зокрема МДА (рис.1). Так, на 24 год після обробки вміст МДА у фотосинтезуювальних тканинах досліджуваних сортів зростав більше ніж удвічі, тоді як уже на 2-гу добу інтенсивність окиснювальних вільнорадикальних реакцій знижувалась у сортів: Столична — на 48%, Панна — 42, Тронка — 29% порівняно з 1-ю добою. У фазі цвітіння сумарний вміст МДА у сортів Панна та Столична знизився до рівня контрольних варіантів, проте у сорту Тронка залишався вищим на 78%.

З наукових публікацій відомо про зв'язок між стійкістю до окисдативного стресу і підвищеним рівнем активності компонентів системи захисту, зокрема активності СОД [13, 16]. Дослідження активності цього ферменту за дії диквату свідчать, що на 24 год активність СОД зростала у рослин сортів: Столична — 48%, Панна —

8,5, Тронка — 6,6%. На 2-гу добу після обробки у рослин досліджуваних сортів активність СОД знижувалася до рівня контрольних варіантів. У фазі цвітіння активність ферменту залишалася на рівні контрольних значень у рослин сортів Панна і Столична та була вищою на 15% у сорту Тронка. Зниження активності СОД до контрольних варіантів може бути пов'язане зі стабілізацією детоксикаційних процесів у рослинах.

Оскільки підвищення активності СОД за дії ксенобіотиків характерне для стійких рослин, вважаємо, що зміна активності цього ферменту в умовах експерименту є адаптивною. Наші дані збігаються з даними літератури.

Так, Т. Бевік зі співав. повідомляли, що за умов пригнічення активності СОД хелатами міди синергічно підсилювалася фітотоксична дія параквату [15].

Фотосинтез — є важливим й одночасно небезпечним для рослинного організму процесом, оскільки в ньому вимушено перебувають поблизу одне одного активні окиснювачі та субстрати окиснювальних процесів. Гербіцид створює умови, що призводять до прискорення реакцій ПОЛ, які окиснюють ненасичені жирні кислоти ліпідів і можуть зумовити пошкодження мембран хлоропластів та порушення в пігментному комплексі фотосинтетичного апарату рослин. Слід зазначити, що на 1-шу добу дії стресу такої інтенсивності у всіх досліджуваних сортів кількість каротиноїдів зменшувалася проти незначного підвищення вмісту хлорофілу а й істотного підвищення вмісту хлорофілу в. Це, вірогідно, спричинено впливом 2,2-дипіридилію (кільцева форма молекули гербіциду), який стимулює біосинтез хлорофілу [8]. Рядом авторів було виявлено ефект позеленіння за дії гербіцидів [11, 14]. Як відомо, одним із меха-

нізмів захисту фотосинтетичного апарату каротиноїдами є хімічне гасіння супероксидних радикалів, яке і спричинює їхнє руйнування. На 2-гу добу вміст каротиноїдів зростав у сортів Столична та Панна дещо стрімкіше порівняно із сортом Тронка, проте величини співвідношення хлорофілів *a/b* були наближеними до контрольних значень, що є наслідком модифікаційних перебудов, зумовлених перерозподілом їх функцій у загальній адаптивній реакції пігментного комплексу. У фазі цвітіння у дослідних варіантах вміст пігментів зменшився на 20–25%, що може свідчити про пролонгований вплив гербіциду на фотосинтетичну систему.

Оскільки урожайність — складний показник,

який інтегрує дію всіх факторів на рослину в процесі онтогенезу, а її величина це певний компроміс між продуктивністю і стійкістю, ми проаналізували морфометричні показники та зміни в структурі урожаю: кількість колосків та зерен у колосі, масу зерна в колосі і масу 1000 зерен за дії гербіциду. Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що обробка дикватом гальмувала ріст верхнього міжвузля всіх дослідних рослин та знижувала продуктивність колосу (табл. 1, 2). Так, у дослідних рослин сорту Столична маса зерна (у нашому експерименті маса 1000 зерен) — на рівні контрольних варіантів, а у сортів Панна і Тронка знижувалася відповідно на 13 і 23%.

Висновки

Результати проведених досліджень засвідчили, що у відповідь на дію гербіциду, навіть у низьких концентраціях ($1 \cdot 10^{-6}$ М), у рослин розвиваються окиснювальні процеси, які призводять до ушкодження фотосинтетичного апарату та зниження врожайності.

У стійких сортів (Столична) активуються захисні системи, спрямовані на зниження окиснювальних ушкоджень, відбуваються адаптаційні перебудови, які і забезпечують формування врожаю на рівні контрольних варіантів.

Бібліографія

1. Андреева Л.И., Кожемякин Л.А., Кишкун А.А. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой//Лаб. дело. — 1988. — № 11. — С. 41–43.
2. Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. — Л.: Наука, Ленингр. отд., 1991. — 160 с.
3. Булычев А.А., Крупенина Н.А. Облегченное проникновение метилвиологена в хлоропласты *in situ* при генерации электрического импульса на возбудимой мембране растительной клетки//Биологические мембраны. — 2008. — 25, № 5. — С. 343–350.
4. Бурт Х., Гуче Ф., Россберг Д., Шпаар Д., Драйер Б. От концепции интегрированной защиты растений к национальной стратегии редукции химической защиты растений в Германии//Вестн. защиты растений. — 2006. — № 2. — С. 16–24.
5. Грудина Н.С., Бацманова Л.М., Таран Н.Ю. Перекисный гомеостаз в ответных реакциях растений пшеницы на действие диквата//Матер. симпозиума «Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений». — Саратов, 2010. — С. 21–22.
6. Дмитриева С.А., Пономарева А.А., Минибаева Ф.В., Гордон Л.Х. Изменения в клетках корней пшеницы при индукции окислительного стресса метилвиологеном//Матер. междунар. конф. «Современная физиология растений: от молекулы до экосистемы». — Сыктывкар, 2007. — С. 115–116.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 350 с.
8. Мерзляк М.М. Активированный кислород и жизнедеятельность растений//Соросовский образовательный журн. — 1999. — № 9. — С. 20–26.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. — М., 1971. — Т. 1. — 371 с.
10. Мордерер Є.Ю., Мережинський Ю.Г. Гербіциди, механізм дії та практика застосування. — К.: Логос, 2009. — 377 с.
11. Федетке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 223 с.
12. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах//Лаб. дело. — 1985. — № 11. — С. 678–681.
13. Babbs C., Pham J., Coolbaugh R. Lethal hydroxyl radical production in paraquat-treated plants//Plant Physiol. — 1989. — V. 82. — P. 1267–1270.
14. Baker N.R., Harbinson J., Kramer D.M. Determining the limitations and regulation of photosynthetic energy transduction in leaves//Plant Cell Environ. — 2007. — V. 30. — P. 1107–1125.
15. Bewick T., Stall W., Kostewicz S., Smith K. Alternatives for control of paraquat tolerant American black nightshade (*Solanum americanum*)//Weed Technol. — 1991. — V. 5. — P. 61–65.
16. Hart Di., Tomaso J. Sequestration and oxygen radical detoxification as mechanism of paraquat resistance//Weed Sci. — 1994. — V. 42. — P. 277–284.
17. Porra R.J., Thompson W.A., Kriedemann P.E. Determination of Accurate Extinction Coefficients and Simultaneous Equation for Assaying Chlorophyll a and b with Four Different Solvents: Verification of the Concentration of Chlorophyll by Atomic Absorption Spectroscopy//Biochim. et Biophys. Acta. — 1989. — V. 975 — P. 384–394.