

УДК 577.175.1.58.02

ВПЛИВ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ НА ВОДНИЙ СТАТУС ТА АКТИВНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНИХ ФЕРМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ДІЇ ПОСУХИ В РАННЮ ФАЗУ ОНТОГЕНЕЗУ

Т.П. МАМЕНКО, О.А. ЯРОШЕНКО

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: tamenko@optima.com.ua*

Досліджували вплив саліцилової кислоти на зміну водного статусу та активність антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу. Встановлено, що обробка рослин озимої пшениці саліциловою кислотою сприяє зменшенню втрат води, збереженню водозатримувальної і водовідновлювальної здатності клітин у листках озимої пшениці в умовах посухи. При цьому відбуваються адаптаційні зміни активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутази, каталази, гваяколпероксидази, аскорбатпероксидази) в листках, які сприяють підвищенню стійкості озимої пшениці до дефіциту води.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., водний дефіцит, водний потенціал, коефіцієнт водозатримання, коефіцієнт водовідновлення, супероксиддисмутаза, каталаза, гваяколпероксидаза, аскорбатпероксидаза, посуха, саліцилова кислота.

Недостатнє водозабезпечення призводить до змін водообміну клітин і, як наслідок, до порушення обмінних функцій рослинного організму. Насамперед це стосується структури і рухливості молекул води навколо білкових молекул та регуляції біохімічних процесів [1]. Реакція рослин на дефіцит вологи є комплексною відповіддю, яка включає сприйняття рослинним організмом дії стресора, ініціацію шляхів трансдукції сигналів, фізіолого-біохімічні зміни у клітині [8, 15]. Вивчення функціональної ролі антиоксидантних ферментів, які беруть участь у підтриманні стаціонарного рівня вільнорадикальних процесів у клітині та розвитку адаптивних властивостей рослин за дії несприятливих чинників, у тім числі й посухи, є важливим [11–13].

Доведено можливість регуляції водного балансу, процесів ліпопероксидації у тканинах шляхом впливу на ендогенну антиоксидантну систему рослин екзогенними антиоксидантами — синтетичними аналогами природних антиоксидантів, речовинами гормональної природи, регуляторами росту [5, 12]. Попередньо ми встановили, що обробка рослин озимої пшениці саліциловою кислотою у фазі колосіння—цвітіння спричиняла збереження обводненості тканин у листках рослин та адаптаційні зміни активності антиоксидантних ферментів, які сприяли підвищенню стійкості озимої пшениці в умовах посухи [2].

Метою цієї роботи було вивчення впливу саліцилової кислоти на зміни водного статусу та активність антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу.

Методика

Об'єктами дослідження обрано контрастні за посухостійкістю сорти озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) — Альбатрос одеський (стійкий до посухи) і Поліська 90 (слабостійкий до посухи). Рослини вирощували у вегетаційних посудинах Вагнера на темно-сірому опідзоленому ґрунті, вологість якого підтримували гравіметричним методом на рівні 60 % повної вологоємності (ПВ) — оптимальне водозабезпечення. Модельну посуху створювали одночасним припиненням поливу рослин (до 30 % ПВ) у фазу 3—5 листків упродовж 7 діб. Після припинення посухи вологість ґрунту в посудинах доводили до 60 % ПВ (поновлення поливу). Рослини обробляли водним розчином саліцилової кислоти (СК) концентрацією 0,25 мМ (встановлено нами експериментально) перед припиненням поливу за температури 27—29 °С та відносної вологості повітря (ВВП) 56—60 %. Контролем слугували необроблені СК рослини, які вирощували за оптимального водозабезпечення (60 % ПВ).

Для проведення досліджень відбирали верхні листки озимої пшениці на 3-тю, 5-ту, 7-му доби дії посухи та на 2-гу добу після поновлення поливу рослин. Водний статус рослин оцінювали за динамікою показників водного дефіциту (ВД) [6], водного потенціалу (ВП) рефрактометричним методом [15], а також коефіцієнтів водозатримання ($K_{вз}$) і водовідновлення ($K_{вв}$), які розраховували за відповідними формулами [3].

Для екстракції ферментів наважку рослинного матеріалу (0,2 г) розтирали у ступці з 4 мл охолодженого 50 мМ фосфатного буфера (рН 7,5), який містив 2 мМ ЕДТА, 1 мМ РМSF, 5 мМ β -меркаптоетанол і 1 %-й (маса/об'єм) полівінілпіролідон. Гомогенат центрифугували за 10 000 об/хв протягом 20 хв при 4 °С. Надосадову рідину використовували для визначення активності ферментів.

Активність каталази (КАТ) (КФ 1.11.1.6) визначали за зменшенням оптичної густини при 240 нм протягом 3 хв внаслідок розкладання пероксиду водню (коефіцієнт екстинкції $E = 39,4 \text{ мМ}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [4], активність гваяколпероксидази (ГПО) (КФ 1.11.1.7) — за збільшенням оптичної густини при 470 нм протягом 3 хв у результаті окиснення гваяколу (коефіцієнт екстинкції $E = 26,6 \text{ мМ}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [10], активність аскорбатпероксидази (АПО) (КФ 1.11.1.11) — за зменшенням оптичної густини при 290 нм протягом 3 хв унаслідок окиснення аскорбату (коефіцієнт екстинкції $E = 2,8 \text{ мМ}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [13], активність супероксиддисмутази (СОД) (КФ 1.15.1.1) — за здатністю ферменту інгібувати фотохімічне відновлення нітросинього тетразолію [11]. За одиницю активності СОД брали таку, що здатна пригнічувати реакцію фотовідновлення нітросинього тетразолію на 50 %. Вміст сумарного розчинного білка у ферментному екстракті визначали за методикою Бредфорда [7]. Повторність визначень показників водного статусу десятиразова, активності ферментів — п'ятиразова. Отримані дані оброблено статистично з використанням критерію Стьюдента.

Результати та обговорення

Встановлено, що короткотривала ґрунтова посуха індукувала незначне підвищення ВД у листках сортів озимої пшениці (рис. 1). За тривалої посухи ВД істотніше зростав у листках слабостійкого сорту озимої пшениці, що зумовлено вдвічі більшими втратами вмісту води порівняно з посухостійким сортом. Слабостійкий сорт озимої пшениці вирізнявся

ВЛИЯНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

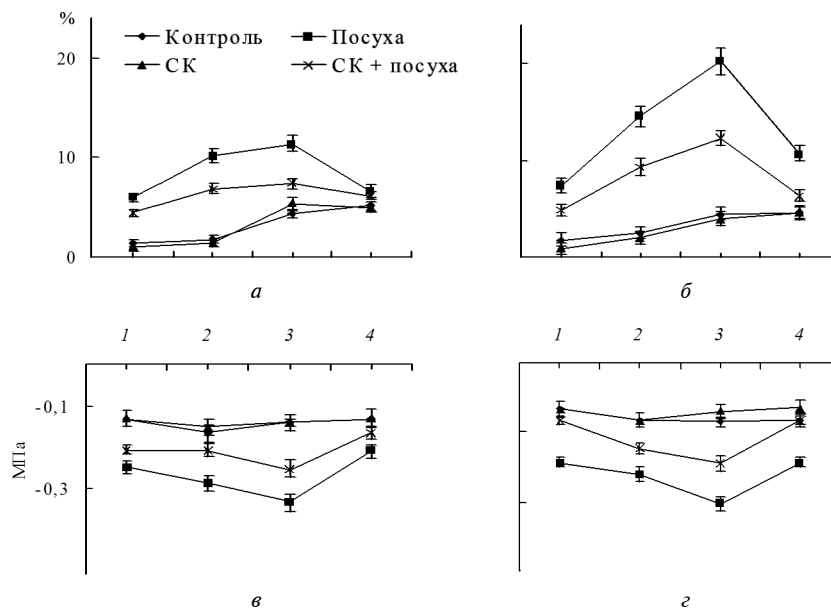


Рис. 1. Вплив саліцилової кислоти на зміни водного дефіциту (а, б) і водного потенціалу (в, г) в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу:

а, в — сорт Альбатрос одеський; б, г — сорт Поліська 90; 1–3 — відповідно 3-тя, 5-та, 7-ма доби посухи; 4 — 2-га доба поновлення поливу

нижчим значенням показника ВП у листках порівняно з посухостійким (див. рис. 1). Зокрема, на 7-му добу посухи ВП у листках рослин сорту Поліська 90 досягав $-0,4$ МПа, тоді як у сорту Альбатрос одеський він становив $-0,3$ МПа. Виявлено, що водозатримувальна здатність клітин у листках посухостійкого сорту озимої пшениці зростала упродовж дії водного стресу і незначно відрізнялась від контрольного значення, тоді як у слабостійкого сорту вона знижувалась (рис. 2). Про це свідчить $K_{ВЗ}$ у листках рослин. Водночас ступінь водовідновлення клітин за $K_{ВВ}$ знижувався в листках озимої пшениці обох сортів. Слабостійкий сорт озимої пшениці вирізнявся істотнішим зменшенням за дії посухи показників $K_{ВЗ}$ і $K_{ВВ}$ порівняно з посухостійким сортом.

Обробка озимої пшениці СК в оптимальних умовах водозабезпечення не призводила до істотних змін водного статусу рослин обох сортів. За дії СК в умовах посухи втрата води в листках озимої пшениці зменшувалась (див. рис. 1). Встановлено, що вплив СК на регуляцію водного статусу за показником ВД був істотним за тривалої нестачі вологи й ефективнішим порівняно з необробленими рослинами варіанта «посуха» на 35 % у листках посухостійкого сорту та на 40 % — у слабостійкого сорту. Дія СК на регуляцію водного статусу за показником ВП була ефективною вже на початку водного стресу і сприяла зменшенню втрат води у листках рослин сорту Альбатрос одеський на 16 %, сорту Поліська 90 — на 40 %. За впливу СК підвищувались водозатримувальна здатність клітин і ступінь їх водовідновлення в листках озимої пшениці, особливо у слабостійкого сорту (див. рис. 2). Так, за тривалої нестачі вологи (7-ма доба) $K_{ВЗ}$ у листках обробленої СК озимої пшениці зростав на 6 % у посухостійкого сорту і на 24 % — у слабостійкого, $K_{ВВ}$ підвищувався відповідно на 7 і 19 % порівняно з необробленими рослинами варіанта «посуха». Після поновлення поливу озимої пшениці водний статус швидше

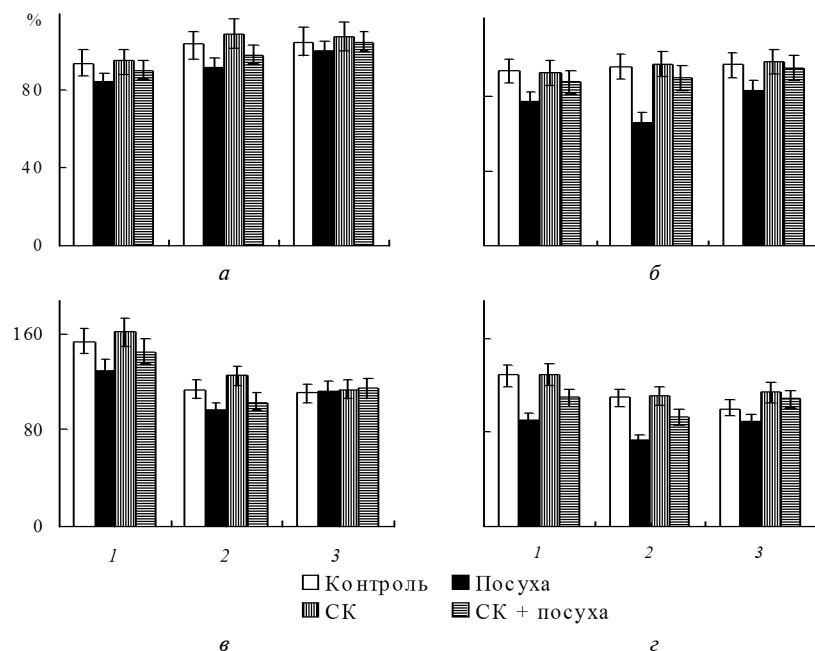


Рис. 2. Вплив саліцилової кислоти на зміни коефіцієнтів водозатримання (а, б) і водовідновлення (в, г) в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу:

а, в — сорт Альбатрос одеський; б, г — сорт Поліська 90; 1, 2 — відповідно 3-тя і 7-ма доби посухи; 3 — 2-га доба поновлення поливу

досягав контрольного рівня у рослин посухостійкого сорту та в попередньо оброблених СК.

Виявлено, що короткотривала ґрунтова посуха призводила до підвищення активності СОД у листках озимої пшениці посухостійкого сорту на 54 % від контрольного значення, у слабостійкого — на 43 % (табл. 1). За тривалого дефіциту вологи активність ферменту знижувалась у листках обох сортів озимої пшениці відповідно на 19 і 48 %. Після поновлення поливу активність СОД досягала рівня контролю в листках рослин посухостійкого сорту і залишалась на 27 % нижчою від контрольного значення у слабостійкого сорту.

За обробки рослин СК в оптимальних умовах вирощування активність СОД у листках посухостійкого сорту підвищувалась на 14–24 % (упродовж дослідження) порівняно з необробленими контрольними рослинами і не викликала змін у слабостійкого сорту. За короткотривалої дії посухи в листках оброблених СК рослин активність СОД сортів Альбатрос одеський і Поліська 90 зростала відповідно на 30 і 58 % відносно контролю. За тривалої посухи активність ферменту в листках обробленої СК озимої пшениці обох сортів незначно відрізнялась від контрольного рівня й оброблених СК рослин, які вирощували за оптимальних умов поливу. В післястресовий період у оброблених СК рослин, які зазнали дії посухи, активність СОД у листках рослин посухостійкого сорту досягала рівня оброблених рослин, які зростали в оптимальних умовах поливу і на 32 % перевищувала контрольне значення. За таких умов у оброблених рослин слабостійкого сорту активність ферменту незначно знижувалась порівняно з обробленими й необробленими рослинами за оптимального поливу.

Встановлено, що ґрунтова посуха тривалістю 3 доби призводила до підвищення активності ГПО в листках обох сортів озимої пшениці

ВЛИЯНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив салицилової кислоти на зміну активності супероксиддисмутази в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу, од.а./мг білка

Варіант	Тривалість посухи, доба		Поновлення поливу, 2-га доба
	3	7	
Альбатрос одеський			
Контроль	$\frac{80,51 \pm 5,6}{100}$	$\frac{104,58 \pm 7,3}{100}$	$\frac{101,06 \pm 7,0}{100}$
Посуха	$\frac{124,11 \pm 7,7^*}{154}$	$\frac{84,90 \pm 6,0^*}{81}$	$\frac{106,35 \pm 6,4}{105}$
Салицилова кислота	$\frac{91,85 \pm 6,4^*}{114}$	$\frac{124,81 \pm 8,7^*}{119}$	$\frac{125,38 \pm 8,7^*}{124}$
Посуха+салицилова кислота	$\frac{104,88 \pm 7,3^*}{130}$	$\frac{116,09 \pm 8,1^*}{111}$	$\frac{133,36 \pm 7,0^*}{132}$
Поліська 90			
Контроль	$\frac{109,49 \pm 7,6}{100}$	$\frac{142,05 \pm 9,7}{100}$	$\frac{108,46 \pm 7,5}{100}$
Посуха	$\frac{157,49 \pm 11,0^*}{143}$	$\frac{72,87 \pm 5,1^*}{52}$	$\frac{79,18 \pm 5,5^*}{73}$
Салицилова кислота	$\frac{114,08 \pm 8,2}{104}$	$\frac{143,3 \pm 10,0}{101}$	$\frac{101,66 \pm 7,1}{93}$
Посуха+салицилова кислота	$\frac{173,07 \pm 12,1^*}{158}$	$\frac{129,68 \pm 9,0^*}{91}$	$\frac{89,25 \pm 6,2^*}{82}$

Примітка. Тут і в табл. 2–4: * — статистично вірогідна різниця порівняно з контролем при $p \leq 0,05$.

у 8 разів відносно контролю (табл. 2). За дії посухи упродовж 7 діб активність ГПО в листках посухостійкого сорту зростала у 21 раз відносно контролю, у слабостійкого — у 6 разів. Після поновлення поливу активність ГПО знижувалась у листках обох сортів озимої пшениці порівня-

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив салицилової кислоти на зміну активності гваяколпероксидази в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу, мкмоль гваяколу/(мг білка · хв)

Варіант	Тривалість посухи, доба		Поновлення поливу, 2-га доба
	3	7	
Альбатрос одеський			
Контроль	$\frac{0,053 \pm 0,02}{100}$	$\frac{0,07 \pm 0,03}{100}$	$\frac{0,076 \pm 0,02}{100}$
Посуха	$\frac{0,46 \pm 0,06^*}{867}$	$\frac{1,5 \pm 0,1^*}{2142}$	$\frac{0,2 \pm 0,05^*}{263}$
Салицилова кислота	$\frac{0,043 \pm 0,02^*}{81}$	$\frac{0,06 \pm 0,02}{85}$	$\frac{0,066 \pm 0,02^*}{86}$
Посуха+салицилова кислота	$\frac{0,29 \pm 0,02^*}{547}$	$\frac{1,2 \pm 0,09^*}{1714}$	$\frac{0,14 \pm 0,03^*}{184}$
Поліська 90			
Контроль	$\frac{0,0072 \pm 0,008}{100}$	$\frac{0,014 \pm 0,005}{100}$	$\frac{0,017 \pm 0,004}{100}$
Посуха	$\frac{0,06 \pm 0,01^*}{833}$	$\frac{0,081 \pm 0,05^*}{578}$	$\frac{0,031 \pm 0,006^*}{182}$
Салицилова кислота	$\frac{0,0083 \pm 0,005^*}{115}$	$\frac{0,03 \pm 0,002^*}{214}$	$\frac{0,021 \pm 0,005}{123}$
Посуха+салицилова кислота	$\frac{0,015 \pm 0,003^*}{208}$	$\frac{0,054 \pm 0,003^*}{385}$	$\frac{0,02 \pm 0,004}{117}$

но із 7-ю добою посухи, однак залишалась на 163 % (Альбатрос одеський) і на 82 % (Поліська 90) вищою від контрольного рівня.

За обробки рослин СК в оптимальних умовах поливу активність ГПО знижувалась до 15 % відносно контролю в листках посухостійкого сорту озимої пшениці і підвищувалась у рослин слабостійкого сорту, особливо на 7-му добу проведення експерименту — на 114 %. На 3-тю добу посухи в листках обробленої СК озимої пшениці посухостійкого сорту активність ферменту підвищувалась на 447 % відносно контролю, у слабостійкого сорту — на 108 %. За тривалого зневоднення (7-ма доба) його активність різко зростала в листках оброблених рослин посухостійкого сорту (в 17 разів відносно контролю) і незначно підвищувалась у слабостійкого сорту (в 3,8 раза). За дії на рослини СК в умовах дефіциту вологи активність ГПО в листках зростала відносно оброблених рослин за оптимального їх поливу: в оброблених рослин посухостійкого сорту в 6,7 раза (3-тя доба посухи) і в 20 разів (7-ма доба), у слабостійкого сорту — в 1,8 раза (упродовж дії посухи). На 2-гу добу після поновлення поливу в обробленої СК озимої пшениці активність ГПО знижувалась у листках слабостійкого сорту та досягала рівня контрольних і оброблених рослин за оптимального поливу, у посухостійкого сорту її активність зростала відповідно на 84 і 112 %.

Короткотривала ґрунтова посуха індукувала підвищення активності АПО на 54 % відносно контролю в листках посухостійкого сорту та її зниження на 19 % у слабостійкого сорту (табл. 3). За тривалого дефіциту вологи активність ферменту зростала відносно контролю в листках обох сортів озимої пшениці відповідно на 177 і 112 %. Після поновлення поливу рослин активність АПО в листках посухостійкого сорту знижувалась і майже досягала контрольного рівня, у слабостійкого сорту вона перевищувала контрольні значення на 100 %.

Обробка озимої пшениці СК за оптимальних умов поливу не впливала на активність ферменту в посухостійкого сорту, однак у слабостій-

ТАБЛИЦЯ 3. Вплив саліцилової кислоти на зміну активності аскорбатпероксидази в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу, мкмоль аскорбату/(мг білка · хв)

Варіант	Тривалість посухи, доба		Поновлення поливу, 2-га доба
	3	7	
Альбатрос одеський			
Контроль	$\frac{2,04 \pm 0,14}{100}$	$\frac{3,64 \pm 0,25}{100}$	$\frac{4,36 \pm 0,3}{100}$
Посуха	$\frac{3,15 \pm 0,22^*}{154}$	$\frac{10,09 \pm 0,7^*}{277}$	$\frac{3,6 \pm 0,25^*}{83}$
Саліцилова кислота	$\frac{2,23 \pm 0,15}{109}$	$\frac{3,81 \pm 0,26}{104}$	$\frac{4,07 \pm 0,28}{93}$
Посуха+саліцилова кислота	$\frac{2,32 \pm 0,16^*}{113}$	$\frac{6,04 \pm 0,42^*}{165}$	$\frac{2,93 \pm 0,2^*}{67}$
Поліська 90			
Контроль	$\frac{3,0 \pm 0,21}{100}$	$\frac{3,41 \pm 0,23}{100}$	$\frac{2,26 \pm 0,13}{100}$
Посуха	$\frac{2,43 \pm 0,17^*}{81}$	$\frac{7,24 \pm 0,51^*}{212}$	$\frac{4,53 \pm 0,31^*}{200}$
Саліцилова кислота	$\frac{3,71 \pm 0,26^*}{124}$	$\frac{5,66 \pm 0,4^*}{166}$	$\frac{2,86 \pm 0,15^*}{127}$
Посуха+саліцилова кислота	$\frac{2,66 \pm 0,18^*}{87}$	$\frac{8,91 \pm 0,62^*}{261}$	$\frac{2,93 \pm 0,2^*}{129}$

кого сорту активність АПО зростала упродовж досліду на 20–65 %. На 3-тю добу дії посухи в листках оброблених СК рослин обох сортів озимої пшениці активність АПО відносно контролю змінювалась незначно. На 7-му добу дефіциту вологи в листках сорту Альбатрос одеський вона зростала на 65 %, у сорту Поліська 90 — на 161 % відносно контролю. Слід зазначити, що в оброблених СК рослин посухостійкого сорту в умовах короткотривалої дії посухи активність АПО у листках не відрізнялась від її активності в оброблених СК рослин, які зростали за оптимальних умов поливу. За цих умов активність ферменту в листках оброблених рослин слабостійкого сорту знижувалась на 28 %. За тривалої дії посухи активність АПО в листках обробленої СК озимої пшениці обох сортів зростала до 60 % порівняно з обробленими рослинами за оптимального поливу. У післястресовий період в оброблених СК рослин сорту Альбатрос одеський активність АПО знижувалась до 30 % відносно контрольних і оброблених рослин за оптимального поливу. В оброблених рослин слабостійкого сорту активність АПО також знижувалась і досягала рівня активності ферменту в оброблених рослин за оптимального поливу, однак була на 29 % вищою від контрольного значення.

Упродовж дії посухи активність КАТ підвищувалась у листках озимої пшениці посухостійкого сорту на 72 і 307 % відносно контролю відповідно на 3-тю і 7-му доби (табл. 4). При цьому активність ферменту в слабостійкого сорту зростала відповідно на 15 і 40 % порівняно з контролем протягом дефіциту вологи. Після поновлення поливу рослин активність КАТ у листках обох сортів озимої пшениці порівняно із 7-ю добою посухи знижувалась, однак у посухостійкого сорту вона майже відновлювалась до рівня контрольних рослин, у слабостійкого — була на 54 % вищою за контроль.

Обробка озимої пшениці СК в оптимальних умовах поливу індукувала зниження активності КАТ порівняно з контролем у листках сортів озимої пшениці Альбатрос одеський і Поліська 90 відповідно на 43 і 63 %. За дії посухи активність КАТ в оброблених СК рослин зростала віднос-

ТАБЛИЦЯ 4. Вплив саліцилової кислоти на зміну активності каталази в листках озимої пшениці за дії посухи в ранню фазу онтогенезу, мкмоль H_2O_2 /(мг білка · хв)

Варіант	Тривалість посухи, доба		Поновлення поливу, 2-га доба
	3	7	
Альбатрос одеський			
Контроль	$\frac{0,116 \pm 0,03}{100}$	$\frac{0,27 \pm 0,05}{100}$	$\frac{0,15 \pm 0,04}{100}$
Посуха	$\frac{0,2 \pm 0,05^*}{172}$	$\frac{1,1 \pm 0,07^*}{407}$	$\frac{0,11 \pm 0,03}{73}$
Саліцилова кислота	$\frac{0,066 \pm 0,02^*}{57}$	$\frac{0,18 \pm 0,02^*}{67}$	$\frac{0,073 \pm 0,04^*}{47}$
Посуха+саліцилова кислота	$\frac{0,14 \pm 0,05}{121}$	$\frac{0,42 \pm 0,03^*}{155}$	$\frac{0,13 \pm 0,05}{87}$
Поліська 90			
Контроль	$\frac{0,13 \pm 0,03}{100}$	$\frac{0,41 \pm 0,05}{100}$	$\frac{0,084 \pm 0,02}{100}$
Посуха	$\frac{0,15 \pm 0,01}{115}$	$\frac{0,58 \pm 0,06^*}{141}$	$\frac{0,13 \pm 0,03^*}{154}$
Саліцилова кислота	$\frac{0,048 \pm 0,02^*}{37}$	$\frac{0,12 \pm 0,04^*}{29}$	$\frac{0,057 \pm 0,03^*}{68}$
Посуха+саліцилова кислота	$\frac{0,059 \pm 0,02^*}{45}$	$\frac{0,30 \pm 0,03^*}{73}$	$\frac{0,15 \pm 0,03^*}{178}$

но контрольного рівня в листках посухостійкого сорту на 20 і 55 % відповідно на 3-тю і 7-му доби, а в рослин слабостійкого сорту вона знижувалась упродовж дії зневоднення відповідно на 54 і 27 %. Обробка рослин СК в умовах посухи індукувала підвищення активності ферменту порівняно з обробленими рослинами за оптимального поливу, зокрема в листках посухостійкого сорту на 133—288, слабостійкого сорту — на 22—150 %. У післястресовий період в оброблених СК рослин активність КАТ у листках посухостійкого сорту знижувалась і досягала рівня контрольних рослин, однак вона була на 78 % вищою, ніж в оброблених СК рослин за оптимального поливу. За таких умов у листках оброблених СК рослин слабостійкого сорту активність КАТ також знижувалась порівняно із 7-ю добою посухи, однак була вищою на 78 і 163 % відносно контрольних і оброблених рослин за оптимального поливу.

Аналіз результатів підтвердив, що за дії посухи в ранню фазу онтогенезу водозатримувальна й водовідновлювальна здатність клітин у листках знижувалась, рослини слабостійкого сорту озимої пшениці інтенсивніше втрачали воду, ніж посухостійкого. Порушення водного статусу за дії посухи супроводжувалось змінами активності антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці. Так, у слабостійкого сорту зафіксовано значніше зниження активності СОД у листках, а в посухостійкого сорту виявлено вищу активність КАТ, ГПО й АПО. Доведено, що зменшення водовтрат, а також збереження водозатримувальної і водовідновлювальної здатності клітин у листках рослин озимої пшениці за дії СК стабілізувало водний статус та активність антиоксидантних ферментів. Зокрема, за обробки рослин СК в умовах посухи підвищувалась активність ГПО, АПО і КАТ у листках, а активність СОД наближалась до контрольного рівня. Очевидно, що зафіксовані зміни активності антиоксидантних ферментів у листках оброблених СК рослин в умовах посухи спрямовані на адаптацію рослин до дефіциту води. Отримані нами дані щодо зниження активності КАТ у листках оброблених СК рослин озимої пшениці за оптимальних умов їх вирощування підтверджені у працях [9, 14]. Вважають, що СК здатна зв'язуватись з активним центром КАТ і виконувати роль конкурентного інгібітора в реакції деградації пероксиду водню [9]. У рослинах виявлено саліцилатчутливу і саліцилатнечутливу форми КАТ, які кодується самостійними генами [9, 14]. Однак ці припущення є суперечливими і потребують подальшого вивчення.

Отже, обробка рослин озимої пшениці СК за дії посухи в ранню фазу онтогенезу сприяє зменшенню втрат води, збереженню водозатримувальної і водовідновлювальної здатності клітин у листках рослин. Стабілізація водного статусу за дії СК супроводжується змінами активності антиоксидантних ферментів у листках обох сортів озимої пшениці, які сприяють поліпшенню адаптації рослин до дефіциту води в ранню фазу онтогенезу.

1. Кушніренко М.Д. Водный обмен растений при различной водообеспеченности в связи с засухоустойчивостью и продуктивностью // Водный обмен с.-х. растений. — Кишинев: Штиинца, 1989. — 229 с.
2. Маменко Т.П., Ярошенко О.А. Вплив саліцилової кислоти на водний потенціал, виділення етилену та активність антиоксидантних процесів у листках озимої пшениці за посухи // Укр. біохім. журн. — 2009. — 81, № 2. — С. 117—124.
3. Декл. пат. 45055 А Україна, МКВ 7 АОІG7/00. Спосіб оцінки стійкості сортів картоплі до посухи / І.П. Григорюк, В.І. Ткачов, Т.П. Нижник та ін. — Опубл. 15.03.02, Бюл. № 3.
4. Aebi H.E. Catalase // Methods in Enzymatic Analysis. — New York: Acad. Press. — 1983. — 3. — P. 273—286.

5. Agarwal S., Sairam R., Srivastava G., Meena R. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes // *Biol. Plant.* — 2005. — **49**, N 4. — P. 541—550.
6. Barr H.D. Determination of water deficit in plant tissues // *Water deficit and plant growth.* — New York; London: Acad. Press. — 1968. — **1**. — P. 236—268.
7. Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of the microgram quantities of protein utilising: the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem.* — 1976. — **72**. — P. 248—254.
8. Bray A.E. Molecular responses to water deficit // *Plant Physiol.* — 1993. — **103**, N 5. — P. 1035—1040.
9. Chen Z., Iyer S., Caplan A. et al. Differential accumulation of salicylic acid and salicylic acid-sensitive catalase in different rice tissues // *Ibid.* — 1997. — **114**, N 1. — P. 193—201.
10. Egley G.H., Paul R.N., Vaughn K.C., Duke S.O. Role of peroxidase in the development of water impermeable seed coats in *Sida spinosa* L. // *Planta.* — 1983. — **157**, N 1. — P. 224—232.
11. Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase. 1. Occurrence in higher plants // *Plant Physiol.* — 1977. — **59**, N 1. — P. 309—314.
12. Jiang M., Zhang J. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedling // *Plant Cell Physiol.* — 2001. — **42**, N 11. — P. 1265—1273.
13. Nakano Y., Asada K. Hydrogen peroxidase is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts // *Plant Cell Physiol.* — 1981. — **22**, N 5. — P. 867—880.
14. Tenhaken R., Rubel C. Salicylic acid is needed in hypersensitive cell death in soybean but does not act as a catalase inhibitor // *Plant Physiol.* — 1997. — **115**, N 1. — P. 291—298.
15. Xue Q., Zhu Z., Music J.T. et al. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation // *Ibid.* — 2006. — **162**, N 2. — P. 154—164.

Отримано 06.05.2010

ВЛИЯНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ВОДНЫЙ СТАТУС И АКТИВНОСТЬ
АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ ЗАСУХИ В РАННЮЮ ФАЗУ ОНТОГЕНЕЗА

Т.П. Маменко, Е.А. Ярошенко

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Исследовали влияние салициловой кислоты на изменение водного статуса и активность антиоксидантных ферментов в листьях озимой пшеницы при воздействии засухи в раннюю фазу онтогенеза. Установлено, что обработка растений озимой пшеницы салициловой кислотой способствует уменьшению потерь воды, сохранению водоудерживающей и водовосстановительной способности клеток в листьях озимой пшеницы в условиях засухи. При этом происходят адаптационные изменения активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, гваяколпероксидазы, аскорбатпероксидазы) в листьях, которые способствуют повышению устойчивости озимой пшеницы к дефициту воды.

INFLUENCE OF SALICYLIC ACID ON WATER STATUS AND ANTIOXIDANT
ENZYMES ACTIVITY IN THE WINTER WHEAT LEAVES UNDER DROUGHT ON THE
EARLY STAGE OF ONTOGENESIS

T.P. Mamenko, O.A. Yaroshenko

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

The influence of salicylic acid on changes of water status and antioxidant enzymes activities in winter wheat leaves under drought on the early stage of ontogenesis was investigated. It was established that the treatment of winter wheat by salicylic acid decreased loss of water content, preserved water-detention and water-restore ability of cells in winter wheat leaves under drought. Moreover adaptive changes of antioxidant enzymes activities (superoxide dismutase, catalase, guaiacol peroxidase, ascorbate peroxidase) have occurred in leaves, that increased resistance of winter wheat to water deficit.

Key words: *Triticum aestivum* L., water deficit, water potential, coefficient of water-detention, coefficient of water-restore, superoxide dismutase, catalase, guaiacol peroxidase, ascorbate peroxidase, drought, salicylic acid.