

**Л. Ф. Дьяченко**<sup>1</sup>, канд. біол. наук, пров. наук. сп.,

**В. М. Тоцький**<sup>1</sup>, д-р біол. наук, проф., зав. каф.,

**В. І. Файт**<sup>2</sup>, канд. біол. наук, зав. відділом,

**В. А. Топтіков**<sup>1</sup>, канд. біол. наук, ст. наук. сп.

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра генетики і молекулярної біології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

<sup>2</sup>Селекційно-генетичний інститут УААН, відділ генетики  
Овидіопольська дор., 3, Одеса, 65036, Україна

## ДИНАМІКА ЕКСПРЕСИВНОСТІ ПЕРОКСИДАЗИ І СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ В ПРОЦЕСІ ЯРОВИЗАЦІЇ РОСЛИН МАЙЖЕ ІЗОГЕННИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СОРТУ МИРОНІВСЬКА 808

Вивчено динаміку електрофоретичних спектрів множинних молекулярних форм пероксидази (КФ 1.11.1.7) і супероксиддисмутази (КФ 1. 15.1.1) в зелених листках рослин сорту Миронівська 808 та її майже ізогенних ліній за *Vrd* та *Ppd-1* генами при яровизації рослин в природних умовах при осінньому посіві. Дія низької позитивної температури на рослини пшениці викликає зростання експресивності переважної більшості форм досліджуваних ферментів. Визначені кореляційні зв'язки між окремими ізоформами ферментів та алельним складом локусів *Vrd* та *Ppd-1*.

**Ключові слова:** множинні молекулярні форми ферментів, експресія ізоформ ферментів, ізогенні лінії пшениці.

Сучасні сорти озимої пшениці характеризуються досить високим потенціалом продуктивності та стійкості до низки біотичних і абіотичних факторів [1, 2]. Разом з тим, внаслідок недостатньої кількості сортів, стійких до дії негативних температур, не досягнуто стабільності виробництва зерна озимої пшениці на Україні [3, 4]. Адаптація до холоду супроводжується перебудовою метаболізму, завдяки чому в рослині спрацьовують механізми захисту клітинних структур і фізіологічних процесів від руйнівних ефектів негативної температури [5]. Загартовування рослин пшениці супроводжується значними біохімічними змінами, які обумовлені змінами експресії значної кількості генів [6–8].

Ознака стійкості до негативних температур має полігенну детермінацію. В ній приймають участь гени, які у пшениці розташовані принаймні на 10 із 21 пари хромосом [9–10]. Серед зазначених детермінант суттєва роль належить генам *Ppd-1* і *Vrd*. Ці гени визначають темпи початкового розвитку [11], тривалість окремих етапів органогенезу [12] та перехід до репродуктивної фази [13].

В контролі різноманітності генотипів за фотоперіодичною чутливістю виявлена участь трьох головних генів, що локалізовані в хромосомах другої гомеологічної групи [14]. Відповідно до нумерації генів *Ppd*, ці гени

позначені: *Ppd-A1* (хромосома 2A), *Ppd-B1* (хромосома 2B), *Ppd-D1* (хромосома 2D) [15]. При цьому домінантні та рецесивні алелі позначаються *Ppd-X1a* і *Ppd-X1b* відповідно, де X означає А, В або D геном пшениці. Наявність у генотипі одного домінантного алеля будь-якого з трьох генів *Ppd-1* або декількох генів разом обумовлює зниження чутливості до фотоперіоду, а підвищена реакція на фотоперіод характерна для генотипів-носіїв тільки рецесивних алелів всіх трьох генів [16].

Генетична система *Vrd* детермінує тривалість потреби в яровизації (впливу низької температури) і має два неалельних гени — *Vrd1* і *Vrd2*. Домінує знижена потреба до яровизації. Сорти з тривалою (50-60 діб) потребою в яровизації є гомозиготними рецесивами. Ген *Vrd1* більш сильний (локалізований у хромосомі 4A), скорочує потребу до яровизації з 50 до 20-35 діб, а *Vrd2* (локалізований у хромосомі 5D) — з 50 до 40-45 діб [17].

Мета даної роботи — дослідити динаміку загальної активності та окремих молекулярних форм пероксидази і супероксиддисмутази листків рослин сорту Миронівська та її майже ізогенних ліній, а також кореляційні зв'язки між окремими ізоформами вказаних ферментів при яровизації в природних умовах з генами *Ppd-1* і *Vrd*, які мають безпосереднє відношення до забезпечення стійкості рослин до негативних температур.

## Матеріали і методи досліджень

Матеріалом досліджень слугували рослини майже ізогенних за генами *Vrd* і *Ppd-1* ліній озимої м'якої пшениці сорту Миронівська 808, створених у відділі генетики Селекційно-генетичного інституту [18–19]. Алельний склад зазначених локусів рослин представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних зразків за складом локусів *Vrd* і *Ppd-1*

Сорт; лінія	Генотип (гаплоїдний)	Морозостійкість*, %
Миронівська 808	<i>vrđ1 vrđ2 Ppd-A1b Ppd-B1b Ppd-D1b</i>	80
Миронівська 808- <i>Vrd1</i>	<i>Vrd1 vrđ2 Ppd-A1b Ppd-B1b Ppd-D1b</i>	64
Миронівська 808- <i>Vrd2</i>	<i>vrđ1 Vrd2 Ppd-A1b Ppd-B1b Ppd-D1b</i>	20
Миронівська 808- <i>Vrd1Vrd2</i>	<i>Vrd1 Vrd2 Ppd-A1b Ppd-B1b Ppd-D1b</i>	12
Миронівська 808- <i>PpdA1a</i>	<i>vrđ1 vrđ2 Ppd-A1a Ppd-B1b Ppd-D1b</i>	40
Миронівська 808- <i>PpdB1a</i>	<i>vrđ1 vrđ2 Ppd-A1b Ppd-B1a Ppd-D1b</i>	96

Примітка: \* — відсоток живих рослин при проморожуванні (-16 °С) згідно [20].

Насіння вказаних генотипів висівали на дослідній ділянці відділу генетики Селекційно-генетичного інституту (м. Одеса) 1.10.2006 року. Рослинний матеріал (зелені листки) почали добирати при появі першого розвинутого листка (25.10.06). Матеріал першого відбору слугував контролем. За даними метеослужби середньодобова температура повітря у той час складала +13 °С. З метою визначення динаміки експресивності ферментів за яровизації рослин в природних умовах листки пшениці відбирали раз на

тиждень. За два тижні після першого відбору листків середньодобова температура знизилася до  $+8^{\circ}\text{C}$  і не піднімалася вище цього рівня. В останні листки відбирали на десятій тиждень, коли добова температура впала до  $0^{\circ}\text{C}$  вдень і до приморозків вночі.

Електрофорез ферментів провадили в 10 % поліакриламідному гелі за системою Davis [21]. Пероксидазу візуалізували за допомогою бензидину [22], супероксиддисмутазу виявляли за Бернстоном [23]. Для аналізу електрофореграм використовували комп'ютерну програму АнаИС, завдяки якій для кожної ізоформи досліджуваного ферменту визначали експресивність в умовних одиницях (пікселях). Статистичну обробку даних провадили в Excel за програмами “Парный двухвыборочный t-тест для средних”, “Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений”, “Корреляция”.

### Результати та їх обговорення

Пероксидаза рослин майже ізогенних за генами *Vrd* і *Ppd-1* ліній сорту Миронівська 808 складається з 11 ізоформ. Спектри пероксидази, що виявлені у відібраних в однакові строки листках сорту Миронівська 808 та майже ізогенних ліній Миронівська 808-*Vrd2* і Миронівська 808-*Ppd-B1a* не відрізнялися якісно (рис. 1). Різниця між спектрами не тільки цих, але й усіх досліджуваних генотипів кількісна. В контролі (рослини до впливу на них низьких температур — слоти 1) у спектрі пероксидаз деякі ізоформи виявляються в незначній кількості. За подальшого вирощування рослин в умовах осіннього похолодання на електрофореграмах чітко простежується зростання експресивності деяких ізоформ пероксидази (№ 3, 5, 7 та ін.), про що свідчить зростання інтенсивності забарвлення відповідних смуг в гелях.

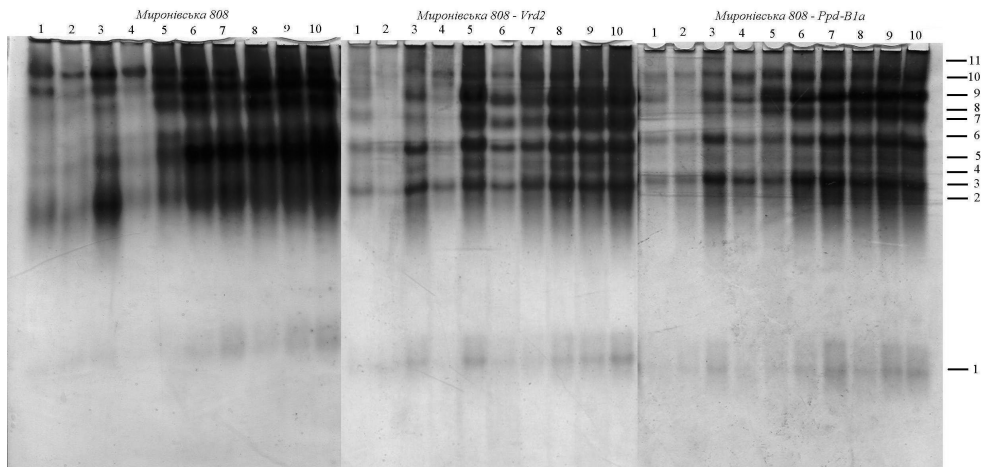


Рис. 1. Електрофоретичні спектри пероксидази листків рослин пшениці сорту Миронівська 808 та її ізогенних ліній (цифри по осі абсцис — тижні відбору листків, по осі ординат — ізоформи пероксидази)

На рис. 2 представлено динаміку експресивності двох ізоформ та загальної експресивності пероксидази досліджуваних генотипів при вирощуванні рослин в осінній період. У цих випадках спостерігається позитивна динаміка експресивності, але рівень зростання цього показника залежить від генотипу рослин. Так, експресивність ізоформи № 4 у сорту Миронівська 808 під кінець яровізації (60–65 діб від першого відбору матеріалу) в порівнянні з контролем зросла на 149 %, у лінії Миронівська 808-*Vrd1* — на 276 %, лінії Миронівська 808-*Ppd-A1a* — втричі і лінії Миронівська 808-*Ppd-B1a* — у п'ять разів. У зазначених генотипів спостерігається також істотне збільшення експресивності ізоформи № 7 (коливання в межах 224–276 %). Щодо загальної експресивності пероксидази, то найбільше її зростання спостерігається в рослинах лінії Миронівська 808-*Ppd-B1a* і рекурентного батька сорту Миронівська 808 (218 % і 210 % відповідно). У лінії Миронівська 808-*Vrd2* та Миронівська 808-*Vrd1Vrd2* зростання загальної експресивності і окремих зазначених ізоформ менш інтенсивне.

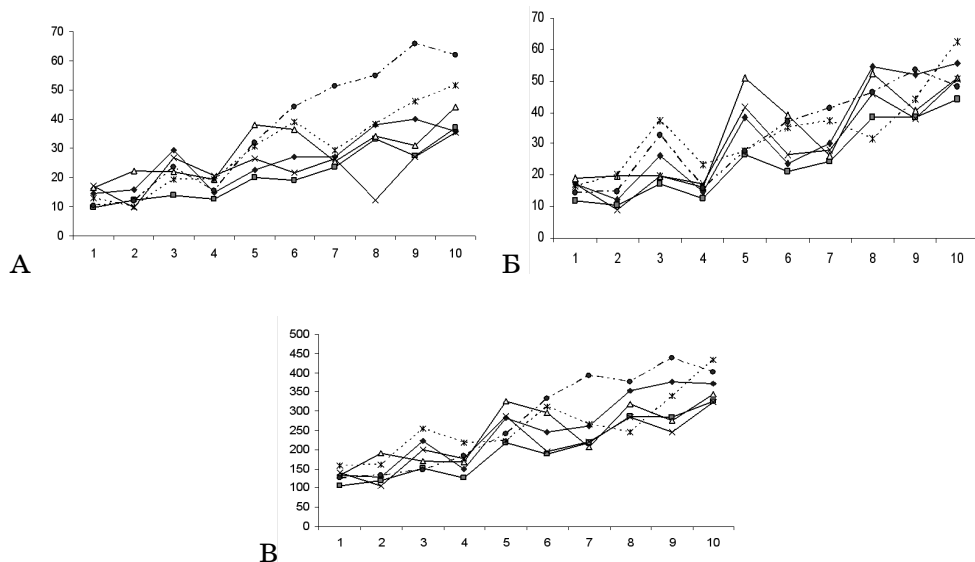


Рис. 2. Динаміка експресивності пероксидази листків сорту Миронівська 808 та його ліній за яровізації рослин в природних умовах (цифри по осі абсцис — тижні відбору листків, по осі ординат — умовні одиниці пікселі; А — ізоформа № 4, Б — ізоформа № 7, В — загальна експресивність ферменту)

—◆— контроль      —■— *Vrd1*      —△— *Vrd2*  
 —×— *Vrd1 Vrd2*      ···\*··· *Ppd-A1a*      -●- *Ppd-B1a*

Супероксиддисмутаза (СОД) за електрофорезу екстрактів зелених листків рослин сорту Миронівська 808 та її ліній теж поділяється на 11 ізоформ. Експресивність багатьох ізоформ супероксиддисмутази за яровізації

рослин зростає, але вибірково і не так суттєво, як у випадку пероксидази (рис. 3). Слід зазначити, що найбільш значне зростання загальної експресивності і окремих ізоформ СОД відбувається в листках тих генотипів, які виявляли максимальну експресивність за дослідження пероксидази, це рекурентний батько сорт Миронівська 808 та лінії Миронівська 808-*Vrd1* і Миронівська 808-*Ppd-B1a*.

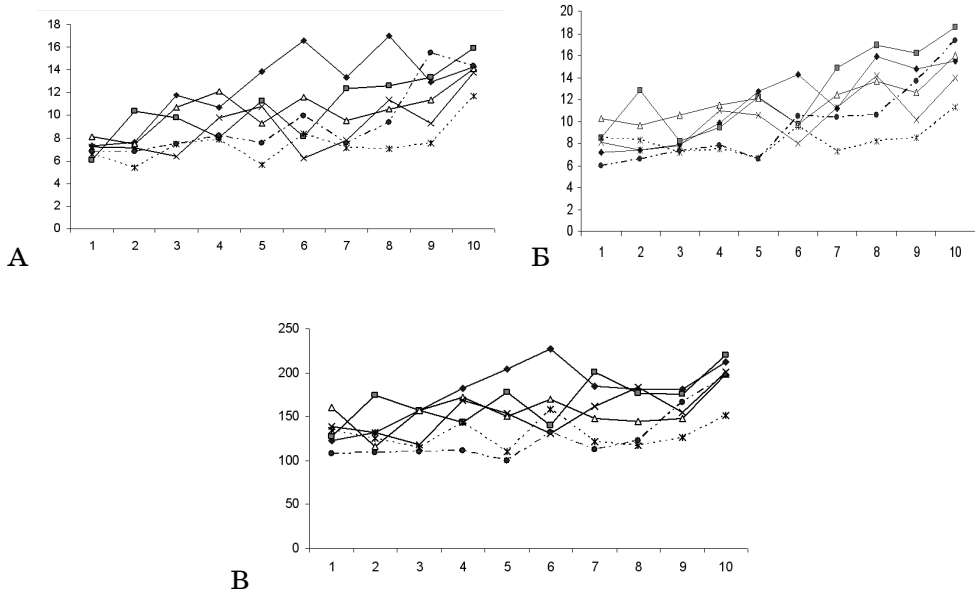


Рис. 3. Динаміка експресивності супероксиддисмутази листків сорту Миронівська 808 та його ліній за яровизації рослин в природних умовах (цифри по осі абсцис — тижні відбору листків, по осі ординат — умовні одиниці пікселі; А — ізоформа № 8, Б — ізоформа № 10, В — загальна експресивність ферменту)

—◆— контроль      —■— *Vrd1*      —△— *Vrd2*  
 —×— *Vrd1 Vrd2*      ···\*··· *Ppd-A1a*      -●- *Ppd-B1a*

В табл. 2 представлена кількість ізоформ пероксидази і супероксиддисмутази, зростання експресивності яких у досліджуваних генотипів достовірно корелює з тривалістю яровизації рослин восени. Дані переконливо свідчать, що на процес яровизації ПО і СОД реагують дещо по-різному, а саме — пероксидаза реагує набагато виразніше. Слід зазначити, що саме ті генотипи, що виявляли найбільше зростання експресивності пероксидази, визначались найбільшою морозостійкістю (табл. 1). Заміна рецесивного алеля *vrđ2* на доміантний *Vrd2*, алелів *vrđ1 vrđ2* на *Vrd1 Vrd2*, або *Ppd-A1b* на *Ppd-A1a* призводить до зменшення кількості ізоформ пероксидази, експресивність яких корелює з тривалістю яровизації рослин. Найменша кількість таких ізоформ ПО (6) спостерігається в листках лінії Миронівська 808-*Ppd-A1a*.

Таблиця 2

Кореляція ізоформ ферментів рослин сорту Миронівська 808 та його ізогенних по локусах *Vrd* і *Ppd-1* ліній з тривалістю яровизації в природних умовах

Генотип	Фермент	Кількість форм	Кількість форм, експресивність яких корелює з тривалістю яровизації		Сумарна експресивність	Результати дисперсійного аналізу експресивності*	Результати t-тесту експресивності**
			↑	↓			
Миронівська 808	ПО	11	11	-	↑	P ≤ 0,024	-
Миронівська 808- <i>Vrd1</i>	ПО	11	11	-	↑		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Vrd2</i>	ПО	11	8	-	↑		P ≤ 0,278
Миронівська 808- <i>Vrd1Vrd2</i>	ПО	11	8	-	↑		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Ppd-A1a</i>	ПО	11	6	-	↑		P ≤ 0,423
Миронівська 808- <i>Ppd-B1a</i>	ПО	11	11	-	↑		P ≤ 0,010
Миронівська 808	СОД	11	6	-	↑	P ≤ 0,001	-
Миронівська 808- <i>Vrd1</i>	СОД	11	4	-	↑		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Vrd2</i>	СОД	11	3	-	-		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Vrd1Vrd2</i>	СОД	11	5	-	↑		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Ppd-A1a</i>	СОД	11	-	-	-		P ≤ 0,001
Миронівська 808- <i>Ppd-B1a</i>	СОД	11	7	-	↑		P ≤ 0,001

Примітка : ↑ — збільшення експресивності ізоформи за яровизації, ↓ — зменшення експресивності; \* — значення P для дисперсійного комплексу по трьох генотипах; \*\* — попарне порівняння ліній з Миронівською 808.

Максимальна кількість ізоформ СОД, які корелюють з тривалістю яровизації, спостерігається в листках лінії Миронівська 808-*Ppd-B1a* (7), на дві менше у лінії Миронівська 808-*Vrd1Vrd2* (5). Найменша кількість таких ізоформ СОД спостерігається у лінії Миронівська 808-*Vrd2*, а в листках рослин сорту Миронівська 808-*Ppd-A1a* їх взагалі немає. В результаті у останніх двох генотипів загальна експресивність супероксиддисмутази впродовж яровизації не збільшується, тобто не корелює з тривалістю дії низької позитивної температури.

Дисперсійний аналіз величин експресивності окремих ізоформ ферментів досліджуваних генотипів показав, що введення в геном сорту Миронівська 808 домінантних алелів *Vrd1*, *Vrd2*, *Ppd-A1a* або *Ppd-B1a* замість рецесивних алелів цих генів призводить до суттєвих змін експресивності пероксидази і супероксиддисмутази у відповідь на низьку позитивну температуру.

Парний двовибірковий t-тест для середніх, за допомогою якого порівнювали експресивність форм досліджуваних ферментів ізогенних по генам *Vrd* и *Ppd-1* ліній з вихідним гомозиготним рецесивом (сорт Миронівська 808) показав, що лінії Миронівська 808-*Vrd1*, Миронівська 808-*Vrd1Vrd2* і Миронівська 808-*Ppd-B1a* достовірно відрізняються від вихідного сорту реакцією експресивності пероксидази за дії знижених температур. Крім того, усі досліджувані ізогенні лінії достовірно відрізняються від рослин Миронівської 808 виразною реакцією супероксиддисмутази.

В таблиці 3 представлені величини кореляції між алельним складом локусів, що вивчаються, і експресивністю форм ферментів наприкінці яровизації рослин в природних умовах. Виявлені також кореляційні зв'язки з показником О-К/К, який відображає, у скільки разів в порівнянні з контролем зростає експресивність ізоформи того чи іншого ферменту наприкінці яровизації. В цілому, слід зазначити, що існує кореляція між показниками експресивності окремих ізоформ ферментів та наявністю в генотипі рослин обох домінантних генів фотоперіодизму, а також генів *Vrd*.

Таблиця 3

Кореляція між алельним складом локусів і експресивністю ізоформ ферментів у рослин майже ізогенних ліній сорту Миронівська 808

Генотипи по локусах	Експресивність		О — К / К	
	Ізоформа	r	Ізоформа	r
Пероксидаза				
<i>vrd1 vrd1</i>	№ 6	0,95	-	-
	№ 2	0,91		
	Σ	0,84		
<i>Vrd2 Vrd2</i>	5	0,9	-	-
<i>Ppd-A1a Ppd-A1a</i>	№ 5	0,83	№ 1	0,89
	№ 7	0,87		
<i>Ppd-B1a Ppd-B1a</i>			№ 6 № 8	0,86 0,82
Супероксиддисмутаза				
<i>vrd1 vrd1</i>	4	-0,83	-	-
<i>Vrd1 Vrd1</i>	№ 4	0,83	-	-
	№ 5	0,99		
	№ 7	0,96		
	№ 9	0,88		
	№ 10	0,93		
<i>Ppd-A1a Ppd-A1a</i>	№ 3	-0,98	№ 11	-0,86
	№ 8	-0,98		
	№ 11	-0,88		
	Σ	-0,85		
<i>Ppd-B1a Ppd-B1a</i>	№ 1	0,92	№ 6	0,98

Таким чином, в умовах природного зниження температури і скорочення світлового дня восени в рослинах відбуваються радикальні зміни експресивності пероксидази і супероксиддисмутази, які спрямовані у бік їх збіль-

шення. Заміна в генотипі сорту Миронівська 808 рецесивного алеля *vrđ1* на домінантний *Vrd1* не призводить до помітних змін експресивності ПО, але зменшує кількість форм СОД, зростання експресивності яких корелює з тривалістю дії зниженої температури. Наявність в генотипі Миронівської 808 домінантного гена *Ppd-A1a* замість *Ppd-A1b* (лінія Миронівська 808-*Ppd-A1a*) супроводжується зменшенням кількості зазначених ізоформ пероксидази, а ізоформи СОД в рослинах цього генотипу взагалі не реагують на яровизацію.

Загальна експресивність пероксидази у всіх досліджуваних генотипів достовірно, хоч і в різній мірі, зростає з подовженням терміну яровизації (впливу низької температури). Теж саме стосується загальної експресивності супероксиддисмутази, за виключенням двох ліній: Миронівська 808-*Vrd2* і Миронівська 808-*Ppd-A1a*. До речі, вказані генотипи характеризуються досить низькою морозостійкістю порівняно з Мироновською 808 (табл. 1)

Таким чином, адаптація рослин до низької температури здійснюється через механізми регуляції експресивності структурних генів ферментів. Спрямованість і інтенсивність змін цієї експресивності залежать від алельного складу локусів *Ppd-1* і *Vrd*. Однак існує чітка закономірність: більш стійкі до впливу холоду генотипи реагують більш істотним зростанням експресивності окремих ізоформ досліджуваних ферментів, ніж рослини, чутливі до холоду.

## Висновки

1. На вплив низької позитивної температури рослини м'якої озимої пшениці відповідають переважно зростанням експресивності множинних молекулярних форм пероксидази і супероксиддисмутази.

2. Існують кореляційні зв'язки між алельним складом локусів *Ppd-1* і *Vrd* та змінами експресивності окремих множинних форм досліджуваних ферментів.

3. Зміни експресивності ПО і СОД у рослин пшениці під впливом низької температури є результатом взаємодії структурних генів ферментів з певним алельним складом локусів *Ppd-1* і *Vrd*.

## Література

1. Литвиненко М. А. Теоретичні основи та методи селекції озимої м'якої пшениці на підвищення адаптивного потенціалу для умов степу України: Автореф. дис. доктора с.-г. наук. — Київ, 2001. — 47 с.
2. Лыфенко С. П., Ериняк Н. И., Нарган Т. П. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа // 36. наук. праць СГІ — НАЦ СЕІС. — 2002. — Вип. 3 (43). — С. 12-21.
3. Калинин И. Г., Прищепов С. Н., Ковтун В. И. и др. О селекции озимой пшеницы на морозо-, зимостойкость // Повышение зимостойкости озимых зерновых. — М.: Колос, 1993. — С. 104-112.
4. Моргун В. В., Логвиненко В. Ф., Улич Л. И. и др. Зимо-морозостойкость современных сортов озимой пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. — 2000. — Т. 32, № 4. — С. 255-260.
5. Sacai A., Larcher W. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress // Springer-Verlag, Ecological Studies. — 1985. — P. 62.



6. Fowler D. B., Chauvin L. P., Limin A. E. et al. The regulatory role of vernalization in the expression of low-temperature-induced genes in wheat and rye // *Theor. Appl. Genet.* — 1996. — V. 93. — P. 554-559.
7. Pragna Sharma The molecular biology of the low-temperature response in plants // *BioAssays.* — 2005. — V. 27. — P. 1048-1059.
8. Chinnusamy V., Zhy J., Zhy J. —K. Gene regulation during cold acclimation in plants // *Physiol. Plant.* — 2006. — V. 126. — P. 52-61.
9. Veisz O., Sutka J. Ditelosomic analysis of frost resistance in wheat (cv. Chinese Spring)// *Cereal. Res. Commun.* — 1993. — V. 21, № 4. — P. 263-267.
10. Fowler D. B., Limin A. E., Ritchie J. T. Low-temperature Tolerance in Cereals: Model and Genetic Interpretation // *Crop Science.* — 1999. — V. 39. — P. 626-633.
11. Стельмах А. Ф., Золотова Н. А. Генетические различия по продолжительности яровизационной потребности у озимой мягкой пшеницы // *Цитология и генетика.* — 1993. — Т. 27, № 3. — С. 3-6.
12. Gotoh T. Gene analysis of the degree of vernalization requirement in winter wheat // *Japan J. Breed.* — 1980. — Т. 30, № 1. — P. 1-10.
13. Stelmakh A., Zolotova N., Fayt V. Genetic analysis of differences in duration vernalization requirement of winter bread wheat // *Cereal Research Communications.* — 2005. — V. 33, № 4. — P. 713-718.
14. Стельмах А. Ф., Лутвиненко В. І., Файт В. І. Яровизаційна потреба та фоточутливість сучасних генотипів озимої м'якої пшениці // *Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС.* — Одеса, 2004. — Вип. 5 (45). — С. 118-127.
15. Snape J. W., Laurie D. A., Worland A. J. Understanding the genetic of abiotic stress response in cereals and possible strategies for their amelioration // *Aspects of Applied Biology.* — 1998 — № 50. — P. 9-14.
16. Файт В. И., Федорова В. Р., Балашова И. А. и др. Продолжительность периода до колошения и тест на аллелизм *Ppd*-линий различного происхождения // *Цитология и генетика.* — 2006. — Т. 40, №. 1 — С. 27-36.
17. Файт В. И., Симоненко Л. К., Мокану Н. В. и др. Хромосомная локализация генов контроля продолжительности яровизации (*Vrd*) озимой мягкой пшеницы // *Генетика.* — 2007. — Т. 43, № 2. — С. 202-208. (Fayt V. I., Symonenko L. K., Mokanu N. V. et al. Chromosomal location of genes for vernalization requirement duration (*Vrd*) in winter bread wheat // *Russian Journal of Genetics.* — 2007. — Vol. 43, №2. — P. 143-148. Pleiades Publishing, Inc., 2007)
18. Файт В. И. Создание почти изогенных и конгенных линий озимой мягкой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизационной потребности — *Vrd* // *Зб. наук. праць СГІ НАЦ СЕІС.* — Одеса, 2002. — № 2. — С. 37-46.
19. Стельмах А. Ф., Кучеров В. А. Создание набора почти изогенных линий по локусам системы *Ppd* (к обоснованию методики) // *Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений.* — Одесса: ВСГИ, 1984. — С. 85-89.
20. Полтарев Е. М. Оценка растений озимих культур на зимо- и морозостойкость методом промораживания растений в пучках // *Методы определения морозо- и зимостойкости озимих культур.* — М., 1969. — С. 16.
21. Davis B. I. Disk-electrophoresis. 2. Method and application to human serum protein // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* — 1964. — V. 121. — P. 404-427.
22. Гааль Э., Медьеши Г., Верецкеи Л. Электрофорез в разделении биологических молекул. — М.: Мир, 1982. — 448 с.
23. Бернстон М. Гистохимия ферментов. — М.: Мир, 1965. — 455 с.

Л. Ф. Дьяченко<sup>1</sup>, В. Н. Тоцький<sup>1</sup>, В. И. Файт<sup>2</sup>, В. А. Топтиков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра генетики и молекулярной биологии,

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

<sup>2</sup> Селекционно-генетический институт УААН, отдел генетики,

Овидиопольская дор., 3, Одесса, 65036, Украина

## ДИНАМИКА ЭКСПРЕССИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ И СУПЕРОКИДДИСМУТАЗЫ В ПРОЦЕССЕ ЯРОВИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ ПОЧТИ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА МИРОНОВСКАЯ 808

### Резюме

Изучена динамика электрофоретических спектров пероксидазы (КФ 1.11.1.7) и супероксиддисмутазы (КФ 1. 15.1.1) в зеленых листьях растений сорта Мироновская 808 и ее почти изогенных линий по генам *Vrd* и *Ppd-1* при яровизации в поле осенью. Действие низкой положительной температуры на растения пшеницы вызывает увеличение экспрессивности подавляющего большинства изоформ исследуемых ферментов. Определены корреляционные связи между определенными изоформами ферментов и аллельным составом локусов *Vrd* и *Ppd*.

**Ключевые слова:** множественные молекулярные формы ферментов, экспрессия изоформ ферментов, изогенные линии пшеницы.

L. F. Diachenko<sup>1</sup>, V. N. Totsky<sup>1</sup>, V. I. Fayt<sup>2</sup>, V. A. Toptikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Odesa National Mechnykov University,  
Department of Genetics and Molecular Biology,  
Dvoryanska Str., 2, Odesa, 65082, Ukraine

<sup>2</sup> Plant Breeding and Genetics Institute,  
Ovidiopolska Str., 3, Odesa, 65036, Ukraine

## PEROXIDASE AND SUPEROXIDEDESMUTASE ISOFORMS OF WINTER WHEAT OF VARIETY MIRONOVSKAYA 808 AND NEARISOGENIC TO GENES *VRD* AND *PPD* LINES DURING AUTUMN VERNALIZATION

### Summary

The dynamic of electrophoretic spectra of peroxidase and superoxide desmutase multiple molecular forms in green leaves of winter wheat variety Mironovskaya 808 and its nearisogenic to genes *Vrd* and *Ppd-1* lines have been studied. The action of low positive temperature on wheat plants is a cause of increasing expression of the majority of some enzyme isoforms. Correlation coefficients between definite isoforms expression and allelic content of *Vrd* and *Ppd* locus have been shown.

**Key words:** multiple molecular enzyme forms, expression of enzyme isoforms, isogenic wheat lines.