

ЗУБРИЧ О. І. ✉, АВКСЕНТЬЄВА О. О.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

Україна, 61022, м. Харків, майдан Свободи, 4, e-mail: avksentyeva@karazin.ua

✉ zubrych.a.i@gmail.com, (057) 707-54-82

## ВПЛИВ ФОТОПЕРІОДУ НА МОРФОГЕНЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ У ІЗОГЕННИХ ЗА ГЕНАМИ PPD ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

**Мета.** Дослідження впливу контрастних фотоперіодичних умов та стану системи генів PPD (домінантний/рецесивний) в ізогенних за цими генами ліній NILs сортів м'якої озимої пшениці – Миронівська 808 та Мерсія – на ростові та морфогенетичні реакції. **Методи.** Експерименти проводили в польових та вегетаційних умовах, культивуючи ізолінії за контрастних фотоперіодичних умов: контрольні – в умовах довгого фотоперіоду 16 год (ДД), дослідні – в умовах скороченого фотоперіоду – 9 год (КД). Визначали етапи органогенезу, висоту конусів наростання, число пагонів кушіння на рослині та біомасу надземної частини рослин. **Результати.** Встановлено, що всі ізолінії обох сортів реагують на скорочення фотоперіоду як типові довгоденні рослини – затримують темпи розвитку на два етапи органогенезу, гальмують ростові процеси (ріст конуса наростання, формування пагонів кушіння та біомаси рослин). Показано, що ізолінії з генотипом PPD-A1a і PPD-D1a характеризуються прискореними темпами розвитку за рахунок гальмування ростових процесів. **Висновки.** Гени контролю темпів розвитку та фотоперіодичної чутливості рослин пшениці м'якої детермінують темпи розвитку, ростові та морфогенетичні реакції рослин пшениці м'якої як в умовах ДД (16 год), так і КД (9 год) фотоперіоду.

**Ключові слова:** *Triticum aestivum* L., гени PPD, фотоперіод, етапи органогенезу, конуси наростання.

Фотоперіодизм – реакція живих організмів (рослин і тварин) на добовий ритм освітленості, тривалість дня і співвідношення між темним і світлим часом доби (фотоперіод). Реакція рослин на тривалість фотоперіоду (фотоперіодична чутливість) є однією з важливих пристосувальних властивостей, яка багато в чому визначає поширеність рослин за зонами вирощування, продуктивність і стійкість до біотичних і абіотичних факторів середовища [1–3]. У

зв'язку з цим дослідження фізіолого-біохімічних процесів і генетичного контролю фотоперіодичної чутливості має важливе теоретичне значення для розуміння механізмів регуляції розвитку рослин. Такі дослідження важливі також у прикладному аспекті для використання закономірностей успадкування реакції на фотоперіод у селекції на підвищену адаптивність [2, 4].

За дії реакції на фотоперіод рослини переходять від вегетативного росту до генеративного розвитку. Ця особливість є проявом адаптації рослин до умов існування і дозволяє їм переходити до цвітіння і плодоношення в найбільш сприятливу пору року [5]. Озима пшениця – одна з найважливіших продовольчих культур в Україні і світі. Вона вирощується в різних еколого-географічних зонах за різних температурних і фотоперіодичних умов, які значною мірою визначають її адаптивність та продуктивність і якість урожаю [1, 6]. У пшениці (*Triticum aestivum* L.) фотоперіодична реакція контролюється системою генів PPD, що розташована в другій гомеологічній групі хромосом: хромосома 2D – PPD-D1a, 2B – PPD-B1a і 2A – PPD-A1a [5]. Знижена чутливість до фотоперіоду зумовлена домінантними алелями генів PPD, а сильна реакція на фотоперіод характерна для генотипів із наявністю тільки рецесивних алелів усіх трьох генів. Гени PPD, крім фотоперіодичної чутливості, детермінують низку агрономічних ознак озимої м'якої пшениці: темпи розвитку, тривалість періоду сходи-колосіння (ПСК), індивідуальну продуктивність, морозостійкість [6, 7]. На сьогодні активно досліджуються молекулярно-біологічні характеристики системи генів PPD (алельний стан, промоторні послідовності, білкові продукти, генні сітки), зв'язок із системою генів VRN та генами флорального морфогенезу та ін. [8, 9].

Дослідження реакції озимої пшениці на тривалість фотоперіоду має важливе наукове значення для поглиблення уявлень про механіз-

© ЗУБРИЧ О. І., АВКСЕНТЬЄВА О. О.

ми адаптивності, а також прикладне значення для підвищення продуктивності цієї важливої продовольчої культури. Для більш глибокого розуміння закономірностей функціонування генів *PPD* важливі дані про можливі фізіологічні механізми реалізації їх ефектів на ростові і морфогенетичні процеси. Однак ці питання досліджені недостатньо.

Метою нашої роботи було дослідження впливу фотоперіоду та стану системи генів *PPD* (домінантний/рецесивний) у м'якої пшениці на процеси росту та морфогенетичні реакції в ізогенних за цими генами ліній.

### Матеріали і методи

**Рослинний матеріал.** Дослідження проводили на моделі ізогенних моногеннодомінантних ліній за генами фотоперіодичної чутливості (*PPD*) пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.), створених у генофоні двох озимих сортів – сорту Миронівська 808 та сорту Mercia. Ізолінії у генотипі мають домінуючі алелі – *PPD-D1a*, *PPD-B1a*, *PPD-A1a*, а сорти є носіями тільки рецесивних алелів за трьома генами *ppd*.

**Дизайн дослідження.** Експерименти проводили в польових та вегетаційних умовах. Рослини вирощували на експериментально-польовій ділянці кафедри фізіології та біохімії рослин і мікроорганізмів ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сівбу проводили в оптимальні осінні строки (кінець вересня), яровизацію рослини проходили в природних умовах за осінніх температур та скороченого фотоперіоду на стадії кущіння. Після цього рослини з монолітами ґрунту були поступово розморожені і потім пересаджені у ґрунтову культуру в вегетаційні посудини у факторостатній камері кафедри фізіології і біохімії рослин та мікроорганізмів (освітленість 18–20 клк, температура 20–22/14–16 °С (день/ніч), вологість ґрунту 70 %). Адаптували рослини протягом двох тижнів. Потім рослини піддавали впливу фотоперіодично контрастних умов протягом 3-х тижнів: дослідні рослини культивували за 9-годинного скороченого фотоперіоду (КД), а контрольні – за 16-годинного фотоперіоду (ДД). Після закінчення впливу фотоперіодичної індукції досліджували морфогенетичні реакції. Проводили визначення етапів органогенезу за Куперман [10], висоти конусів наростання, кількості пагонів кущіння на рослині та біомаси надземної частини рослин. Фіксацію конусів наростання здійснювали фіксатором Кларка [11]. Дослідження етапів органогенезу та висоти конусів наростання проводили за допомогою біокулярного мікроскопа МБС-9. Отримані результати статистично оброблені, в таблицях наведені середні значення показників та їх стандартні відхилення.

незу та висоти конусів наростання проводили за допомогою біокулярного мікроскопа МБС-9. Отримані результати статистично оброблені, в таблицях наведені середні значення показників та їх стандартні відхилення.

### Результати та обговорення

Темпи генеративного розвитку пшениці м'якої озимої визначаються темпами органогенетичної активності апікальної меристеми пагонів, в першу чергу, апексу головного пагона – конуса наростання, оскільки він домінує над розвитком бокових меристем. У процесі послідовних етапів органогенезу відбувається формування, ріст та диференціювання вегетативних, а потім генеративних примордіїв, які розвиваються у дорослі вегетативні та генеративні фітомери. На I–II етапі відбувається формування вегетативної маси рослини. На III етапі відбувається перехід до генеративної фази – закладається зачаток першого колоска, припиняється закладка зачатків листя. На III–IV – визначається число колосків у колосі, на V–VIII – формуються квітки, на IX–X – зав'язуються та формуються зернівки. Періодизація етапів органогенезу відображає зміни у морфології та функціонуванні апексу головного пагону – конусу наростання.

Дослідження впливу контрастних фотоперіодичних умов культивування на морфогенетичний розвиток конуса наростання в ізогенних за генами фотоперіодичної чутливості ліній озимої пшениці NILs двох сортів (табл. 1) показали, що всі ізолінії, незалежно від тривалості фотоперіоду, заходять на генеративному етапі розвитку.

Фотоперіодична індукція коротким фотоперіодом (9 год) суттєво гальмує онтогенетичний розвиток – на два етапи в порівнянні з контрольними рослинами майже у всіх ізоліній обох сортів, що свідчить про те, що озима м'яка пшениця є типовою довгоденною рослиною. Генотип ізолінії детермінує темпи органогенезу незалежно від сорту та фотоперіодичних умов культивування. Найшвидше розвиваються ізолінії за умов довгого дня (16 год) з генотипами *PPD-D1a* та *PPD-A1a* сорту Миронівська 808 та Mercia – VII етап органогенезу, ізолінія з генотипом *PPD-B1a* знаходиться на VI етапі, а рослини сорту характеризуються найповільнішими темпами розвитку – V етап органогенезу. За умов дії короткого фотоперіоду ізолінії *PPD-D1a* та *PPD-A1a* розвиваються найшвидше –

відповідно VI та V етап органогенезу, а найповільніше рослини сорту, в генотипі якого всі гени *ppd* представлені рецесивними алелями – III етап, що свідчить, про те, що рослини тільки розпочинають генеративну фазу розвитку.

Отже, незалежно від сорту рослин м'якої пшениці, темпи їх розвитку визначаються генотипом – наявністю домінантних/рецесивних алелів генів *PPD*, які детермінують фотоперіодичну чутливість. Наявність домінантних алелів генів *PPD-D1a* та *PPD-A1a*, що зумовлюють фотоперіодичну нейтральність, пришвидшує темпи розвитку рослин як за умов довгого, так і короткого фотоперіодів. Аналогічні результати були нами показані у попередніх дослідженнях за визначення фенології та періоду сходоколюсіння (ПСК) в ізогенних за генами *PPD* ліній [12].

У ході онтогенезу відбувається постійне збільшення розмірів конуса наростання, що також може бути кількісною характеристикою темпів розвитку рослин. Результати дослідження висоти конусів наростання в ізоліній двох сортів м'якої пшениці за впливу контрастних фотоперіодичних умов культивування представлені в таблиці 2. За умов культивування на довгому дні (16 год) в ізоліній із генотипами *PPD-D1a* та *PPD-A1a*, які знаходяться на VII етапі органогенезу (табл. 1), висота конуса наростання значно (майже в 10 разів) перевищує показники інших ізоліній. VII етап органогенезу характеризується формуванням гаметофіту (статевих клітин) та інтенсивним ростом у довжину члеників колоскового стрижня, що ми спостерігали під час наших досліджень. Мінімальними показниками висоти конуса наростання харак-

теризувалися рослини сорту, який є носієм усіх рецесивних алелів генів фотоперіодичної чутливості. За дії короткого фотоперіоду (9 год) виявлено значне гальмування висоти конуса наростання в усіх ізоліній (незалежно від генотипу та сорту). Оскільки під час культивування за умов КД (9 год) усі ізолінії знаходяться на V-III етапах органогенезу, різниця між показниками висоти конуса наростання між ізолініями не така значна, як під час культивування за умов ДД (16 год), але істотна.

Незалежно від фотоперіодичних умов культивування, ранжування за показником висота конуса чітко детерміновано генотипом ізоліній: *PPD-A1a* > *PPD-D1a* > *PPD-B1a* > *сорт*. В ізоліній сорту Мерсія виявлено аналогічні закономірності формування конусів наростання та проходження етапів органогенезу, як і у ліній сорту Миронівська 808. Невеликі розбіжності були виявлені в дещо більших показниках висоти конуса наростання в ізоліній сорту Мерсія як за умов ДД, так і КД, що, можливо, пов'язано з генотиповими розбіжностями між сортами.

Для дослідження впливу контрастних фотоперіодичних умов на ростові процеси у NILs генами фотоперіодичної чутливості ми визначали інтегральні показники – формування пагонів кушіння на рослині та накопичення біомаси надземної частини рослини. Формування пагонів кушіння у злаків є важливим показником ростових процесів, оскільки відображає інтенсивність функціонування вузла кушіння, в якому відбуваються морфогенетичні процеси, що забезпечують утворення нових вегетативних органів на рослині, тобто забезпечують ростові процеси.

Таблиця 1. Вплив тривалості фотоперіоду на етапи органогенезу в ізогенних за генами *PPD* лініях двох сортів пшениці м'якої озимої

Генотип ізолінії	Етап органогенезу за фотоперіоду	
	ДД (16 год)	КД (9 год)
Ізолінії сорту Миронівська 808		
<i>PPD-D1a PPD-B1b PPD-A1b</i>	УІІ	У
<i>PPD-D1b PPD-B1a PPD-A1b</i>	УІ	ІУ
<i>PPD-D1b PPD-B1b PPD-A1a</i>	УІІ	УІ
<i>PPD-D1b PPD-B1b PPD-A1b</i>	У	ІІІ
Ізолінії сорту Мерсія		
<i>PPD-D1a PPD-B1b PPD-A1b</i>	УІІ	УІ
<i>PPD-D1b PPD-B1a PPD-A1b</i>	УІ	ІУ
<i>PPD-D1b PPD-B1b PPD-A1a</i>	УІІ	У
<i>PPD-D1b PPD-B1b PPD-A1b</i>	У	ІІІ

Таблиця 2. Вплив тривалості фотоперіоду на висоту конусів наростання в ізогенних за генами *PPD* лініях двох сортів пшениці м'якої озимої

Генотип ізолінії*	Висота конуса наростання (мм) за фотоперіоду		
	ДД (16 год)	КД (9 год)	% до контролю
Ізолінії сорту Миронівська 808			
<i>PPD-D1a</i>	33,0 ± 1,47	2,56 ± 0,13	7,8
<i>PPD-B1a</i>	3,03 ± 0,15	1,42 ± 0,07	47,0
<i>PPD-A1a</i>	32,0 ± 1,47	3,12 ± 0,16	9,8
<i>сорт**</i>	2,12 ± 0,11	0,61 ± 0,03	29,3
Ізолінії сорту Mercia			
<i>PPD-D1a</i>	35,2 ± 1,61	2,95 ± 0,15	8,3
<i>PPD-B1a</i>	3,54 ± 0,18	1,53 ± 0,08	43,2
<i>PPD-A1a</i>	34,7 ± 1,53	3,33 ± 0,17	10,1
<i>сорт**</i>	2,56 ± 0,15	0,71 ± 0,04	28,4

Примітки: \* – вказані лише домінантні локуси; \*\* – повний рецесив за всіма локусами.

Таблиця 3. Вплив тривалості фотоперіоду на формування пагонів кушіння в ізогенних за генами *PPD* лініях двох сортів пшениці м'якої озимої

Генотип ізолінії*	Число пагонів кушіння, шт./ рослину за фотоперіоду		
	ДД (16 год)	КД (9 год)	% до контролю
Ізолінії сорту Миронівська 808			
<i>PPD-D1a</i>	8,4 ± 0,4	4,0 ± 0,2	48
<i>PPD-B1a</i>	8,0 ± 0,4	4,8 ± 0,2	60
<i>PPD-A1a</i>	4,2 ± 0,2	2,5 ± 0,1	59
<i>сорт**</i>	6,3 ± 0,3	5,2 ± 0,3	83
Ізолінії сорту Mercia			
<i>PPD-D1a</i>	6,8 ± 0,3	3,0 ± 0,1	44
<i>PPD-B1a</i>	5,9 ± 0,3	3,8 ± 0,2	64
<i>PPD-A1a</i>	3,5 ± 0,2	2,2 ± 0,1	63
<i>сорт**</i>	5,1 ± 0,3	4,8 ± 0,2	94

Примітки: \* – вказані лише домінантні локуси; \*\* – повний рецесив за всіма локусами.

За результатами дослідження впливу контрастних фотоперіодичних умов на формування числа пагонів кушіння (табл. 3) встановлено, що короткий фотоперіод суттєво гальмував цей процес в усіх ізоліній обох сортів, але в різній мірі. Ізолінія з генотипом *PPD-D1a*, яка характеризується прискореними темпами розвитку, найбільше гальмує процес формування пагонів кушіння за дії КД, мінімально реагує на скорочення фотоперіоду – рослини сорту (табл. 3), які розвиваються найповільніше (табл. 1). За умов ДД (16 год) серед ізоліній обох досліджуваних сортів максимальну кількість пагонів кушіння формують рослини ізолінії з генотипом *PPD-D1a*, а мінімальну – рослини ізолінії з генотипом *PPD-A1a* (табл. 3), хоча саме ці ізолінії розвиваються найшвидше. За умов культивування на КД (9 год) рослини сорту формують макси-

мальне число пагонів кушіння на рослині, а мінімальне – ізолінія з генотипом *PPD-A1a*, як і за умов ДД. Однакові закономірності встановлені для обох сортів, що свідчить про генотипову детермінацію показника число пагонів кушіння/рослина саме генами фотоперіодичної чутливості *PPD*.

Накопичення біомаси є інтегральним показником протікання синтетичних та ростових процесів у рослин. Вплив КД (9 год) на біомасу надземної частини ізоліній проявлявся суттєвим зниженням цього показника (майже у два рази) в усіх досліджуваних ізоліній обох сортів (табл. 4). Це свідчить про те, що для всіх досліджуваних ізоліній характерна типова реакція довгоденних рослин на скорочення фотоперіоду.

Таблиця 4. Вплив фотоперіоду на біомасу надземної частини в ізогенних за генами PPD лініях двох сортів пшениці м'якої озимої

Генотип ізолінії*	Біомаса надземної частини (г) за фотоперіоду		
	ДД (16 год)	КД (9 год)	% до контролю
Ізолінії сорту Миронівська 808			
<i>PPD-D1a</i>	0,66 ± 0,03	0,29 ± 0,01	44
<i>PPD-B1a</i>	0,78 ± 0,03	0,38 ± 0,02	48
<i>PPD-A1a</i>	0,55 ± 0,02	0,19 ± 0,01	35
<i>сорт**</i>	0,64 ± 0,02	0,38 ± 0,02	59
Ізолінії сорту Mercia			
<i>PPD-D1a</i>	0,56 ± 0,02	0,25 ± 0,01	45
<i>PPD-B1a</i>	0,70 ± 0,03	0,30 ± 0,02	43
<i>PPD-A1a</i>	0,55 ± 0,02	0,19 ± 0,01	35
<i>сорт**</i>	0,64 ± 0,03	0,36 ± 0,02	56

Примітки: \* – вказані лише домінантні локуси; \*\* – повний рецесив за всіма локусами.

Зниження біомаси рослин NILs пов'язане зі зменшенням утворення продуктів асиміляції в умовах скороченого світлового дня, що призводить до гальмування біосинтетичних процесів. Гени фотоперіодичної чутливості визначають накопичення біомаси рослинами ізоліній як за умов ДД, так за умов КД фотоперіодів. За умов культивування на ДД (16 год) максимальними показниками біомаси в обох сортів характеризуються рослини з генотипом *PPD-B1a*, а мінімальними – ізолінія *PPD-A1a*. За умов КД (9 год) максимально накопичують біомасу рослини сорту та ізолінії *PPD-B1a*, а мінімально – ізолінія *PPD-A1a*, як і за умов ДД.

### Висновки

Таким чином, у ході проведених досліджень встановлено, що всі ізолінії за генами PPD та сорти реагують на скорочення фотоперіоду КД (9 год), як довгоденні рослини з кількісною реакцією. Ізолінії з генотипом *PPD-D1a* та *PPD-A1a* характеризуються найшвидшими темпами розвитку як за умов ДД (16 год), так і КД (9 год). Однак за дії скороченого фотоперіоду ці лінії суттєво гальмують ростові процеси: ізолінія *PPD-D1a* за рахунок скорочення числа пагонів кушіння, а лінія *PPD-A1a* – за рахунок гальмування накопичення біомаси головного пагона. Загалом ізолінія *PPD-D1a*, що розвивається прискорено, характеризується досить високими показниками розвитку вегетативної маси як в умовах ДД, так і КД. На відміну від неї,

ізолінія *PPD-A1a*, яка так само характеризується прискореними темпами розвитку, формує значно меншу вегетативну масу як в умовах ДД, так і особливо за умов КД. Ізолінія *PPD-B1a* та рослини сорту, які розвиваються найповільніше, також гальмують морфогенетичні та ростові процеси за дії скороченого фотоперіоду, але в меншій мірі та характеризуються максимальними показниками формування пагонів кушіння та біомаси рослин як за умов ДД, так і КД. Оскільки ранжування між лініями обох сортів – Миронівська 808 та Mercia – за досліджуваними показниками проявляється однаково, можна констатувати, що саме генотип ізолінії, а не сортові відмінності є визначальними у реакції відповіді на дію скороченого фотоперіоду. Отже, гени контролю темпів розвитку та фотоперіодичної чутливості рослин пшениці м'якої озимої детермінують темпи розвитку, ростові та морфогенетичні реакції як в умовах ДД (16 год), так і КД (9 год) фотоперіоду.

Автори висловлюють щире подяку Селекційно-генетичному інституту – Національному центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН України за надане для досліджень насіння майже ізогенних NILs за генами PPD ліній сортів Миронівська 808 та Mercia.

Робота виконана в рамках науково-дослідної теми «Дослідження молекулярно-генетичних та фізіолого-біохімічних механізмів яровизаційного та фотоперіодичного контролю онтогенезу рослин *in vivo* та *in vitro*» № Держресстрації 0118U 002104.

### References

1. Morgun V.V., Kyryziy D.A., Shadchina T.K. Ecophysiological and genetic aspects of crops adaptation to global climate change. *Physiology and biochemistry cult. plants*. 2010. Vol. 42, № 1. P. 3–23. [in Russian] / Моргун В.В., Киризи́й Д.А., Шадчина Т.К. Экофизиологические и генетические аспекты адаптации культурных растений к глобальным изменениям климата. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. Т. 42, № 1. С. 3–23.

2. Stelmakh A.F., Fayt V.I. Winter bread wheat adaptivity may be improved by increasing photosensitivity and vernalization requirement. *Zbirnik naukovih prats PBGI-NCSCI*. 2016. Vol. 27 (67). P. 103–108. [in Russian] / Стельмах А.Ф., Файт В.И. Возможность улучшения адаптивности озимой пшеницы путем усиления фотопериодизма и потребности в яровизации. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2016. Вип. 27 (67). С. 103–108.
3. Kiss T., Dixon L.E., Soltisz A., Bányai J., Mayer M., Balla K., Allard V., Galiba G., Slafer G.A., Griffiths S., Veisz O., Karsai I. Effects of ambient temperature in association with photoperiod on phenology and on the expressions of major plant developmental genes in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Environ.* 2017. 40 (8). P. 1629–1642. doi: 10.1111/pce.12971.
4. Fayt V.I., Pogrebnyuk A.O., Balashova I.A., Stelmakh A.F. Effects of the interaction of Vrd2 and Ppd-B1 allele genes on agronomically valuable traits in recombinant inbred lines of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Biology*. 2018. Vol. 2 (44). P. 100–108. [in Ukrainian] / Файт В.И., Погребнюк О.О., Балашова І.А., Стельмах А.Ф. Ефекти взаємодії алелів генів Vrd2 та Ppd-B1 за господарсько цінними ознаками рекомбінантно-інбредних ліній озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.). *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія*. 2018. Вип. 2 (44). С. 100–108.
5. Cockram J., Jones H., Leigh F., O'Sullivan D., Powell W., Laurie D., Greenland A. Control of flowering time in temperate cereals: genes, domestication and sustainable productivity. *J. Exp. Botany*. 2007. 58 № 6. P. 1231–1244. doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm042>.
6. Fayt V.I., Fedorova V.R. The effect of differences in Ppd genes on agronomic features of winter common wheat. *Cytology and genetics*. 2007. 41, No. 6. P. 26–33. [in Russian] / Файт В.И., Федорова В.Р. Влияние различий генов *Ppd* на агрономические признаки озимой мягкой пшеницы. *Цитология и генетика*. 2007. 41, № 6. С. 26–33.
7. Kitagawa S., Shimada S., Murai K. Effect of Ppd-1 on the expression of flowering-time genes in vegetative and reproductive growth stages of wheat. *Genes Genet. Syst.* 2012. Vol. 87. P. 161–168. doi: 10.1266/ggs.87.161.
8. Kiseleva A.A., Potokina E.K., Salina E.A. Features of Ppd-B1 expression regulation and their impact on the flowering time of wheat near-isogenic lines BMC. *Plant Biol.* 2017. 17 (Suppl 1). P. 172. doi: 10.1186/s12870-017-1126-z.
9. Pírez-Gianmarco T.I., Slafer G.A., González F.G. Photoperiod-sensitivity genes (Ppd-1) shape floret development in wheat. *J Exp Bot.* 2018. doi: 10.1093/jxb/ery449.
10. Biology of the development of cultivated plants / Ed. prof. F.M. Cooperman. M.: High School, 1982. 343 p. [in Russian] / Биология развития культурных растений / под ред. проф. Ф.М. Куперман. М.: Высшая школа, 1982. 343 с.
11. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G., Dzhaliyov Kh.Kh., Plyina G.M., Chubatova N.V. Handbook of Botanical Microtechnology. *Basics and methods*. M.: Moscow State University Publishing House, 2004. 312 p. [in Russian] / Барыкина Р.П., Веселова Т. Д., Девятков А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Справочник по ботанической микро-технике. *Основы и методы*. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
12. Zmurko V.V., Avksentieva O.A., Yukno Y.Y., Popova Y.V., Samoilo A.M., Timoshenko V.F., Vasylichenko M.S., Shylik V.V., Zubrich A.I. Effect of genes of photoperiodic sensitivity and vernalization on physiological and biochemical processes in common wheat and soybean. *Plant physiology: achievements and new directions of development*. K.: Logos, 2017. P. 187–197. [in Ukrainian] / Жмурко В.В., Авксентьева О.О., Южно Ю.Ю., Попова Ю.В., Самойлов А.М., Тимошенко В.Ф., Васильченко М.С., Шулич В.В., Зубрич О.І. Ефекти генів фотоперіодичної чутливості і потреби в яровизації у рослин пшениці м'якої та сої культурної. *Фізіологія рослин: досягнення та нові напрями розвитку*. К.: Логос, 2017. С. 187–197.

#### ZUBRICH O. I., AVKSENTIEVA O. O.

V.N. Karazin Kharkiv National University,

Ukraine, 61022, Kharkiv, Svobody sq., 4, e-mail: avksentyeva@karazin.ua

#### INFLUENCE OF PHOTOPERIOD ON MORPHOGENETIC PROCESSES IN NEAR-ISOGENIC LINES IN *PPD* GENES OF SOFT WHEAT

**Aim.** Investigation of the effects of contrast photoperiodic conditions and the state of the *Ppd* genes (dominant or recessive) on growth and morphogenetic reactions in NILs of soft winter wheat Myronivska 808 and Mercia cultivars. **Methods.** Experiments were carried out in field and vegetation chamber conditions. NILs were cultivated in contrast photoperiodic conditions: control group plants – in the conditions of a long photoperiod of 16 hours (LD), experimental group plants – in a short photoperiod – 9 hours (SD). The stages of organogenesis, the height of apical growth cones, the number of tillers and biomass of the above-ground part of plants were determined. **Results.** In our studies, we found that all NILs of both cultivars respond to a photoperiod reduction as typical long-day plants, namely: they have a two-stage of organogenesis delay in development, growth processes are inhibited (growth of the apical cone, formation of tillering shoots and accumulation of plant biomass). It was shown that NILs with the genotypes Ppd-A1a and Ppd-D1a are characterized by accelerated development due to inhibition of growth processes. **Conclusions.** The genes responsible for controlling the development and photoperiodic sensitivity of soft wheat plants also determine the pace of development, growth and morphogenetic reactions of common wheat plants as in LD photoperiod conditions (16 hours), as well as in SD photoperiod conditions (9 hours).

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., *Ppd* genes, photoperiod, stages of organogenesis, shoot apex.