

УДК 581:633.11

DOI: 10.15587/2519-8025.2018.133030

## СКРИНІНГ *IN VITRO* ГІБРИДІВ F<sub>2</sub> ПШЕНИЦІ ЯРОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ

© С. В. Пикало, О. А. Демидов, Н. І. Прокопик, С. І. Волощук, Т. В. Юрченко,  
С. О. Хоменко

Методом прямого добору проведено скринінг *in vitro* гібридів F<sub>2</sub> пшениці м'якої та твердої ярої на стійкість до водного дефіциту з використанням низькомолекулярного маніту в якості стрес-чинника. Показано, що зі збільшенням концентрації маніту з 0,2 до 0,8 М у всіх генотипів відбувалося пригнічення росту калюсної культури, що свідчить про токсичний вплив стресового чинника. Встановлено, що концентрація 0,6 М маніту дозволяє диференціювати генотипи пшениці ярої за стійкістю до водного дефіциту.

Виявлено, що найбільшою стійкістю до осмотичного стресу характеризувався гібрид F<sub>2</sub> Елегія миронівська / Краса Полісся, оскільки калюси цього генотипу за селективних умов відрізнялись підвищеним морфогенетичним потенціалом, мали найбільший рівень виживання і лише з експлантів цього гібриду після культивування на середовищі з манітом концентрацією 0,8 М було отримано рослини-регенеранти. Гібрид F<sub>2</sub> Жізель / Лан виявився найчутливішим до осмотичного стресу, так як у його калюсів за селективних умов спостерігали масовий некроз та відсутність регенераційної здатності. У вивчених форм пшениці ярої відмічено генотипову залежність процесів морфогенезу у культурі *in vitro*. Формування рослин-регенерантів з калюсів пшениці відбувалося шляхом як геморизогенезу, так і соматичного ембріодогенезу.

З індукованих калюсів отримано рослини-регенеранти, оптимізовано їх дорощування, укорінення та переведення в умови *in vivo*. Генотипова реакція на осмотичний стрес у калюсній культурі гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої виявлялась за різним рівнем виживання та різною регенераційною здатністю за дії стресового чинника. Гібрид F<sub>2</sub> Елегія миронівська / Краса Полісся може бути використаний як цінний матеріал для подальшої селекції пшениці ярої. Культуру тканин *in vitro* можна використовувати як тест-систему для проведення скринінгу генотипів пшениці на стійкість до осмотичного стресу. Оптимізований регламент отримання повноцінних рослин-регенерантів пшениці м'якої та твердої ярої в калюсній культурі *in vitro* може бути застосований у клітинній селекції та генно-інженерних експериментах

**Ключові слова:** пшениця яра, водний дефіцит, калюсні культури, маніт, осмотичний стрес, стійкість

### 1. Вступ

Пшениця – провідна зернова культура в багатьох регіонах світу й один з основних продуктів харчування [1, 2]. У зв'язку з підвищеним попитом на продовольче зерно її вирощують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, де серед інших факторів, що лімітують її врожайність, значної шкоди завдає посуха, спричинена водним дефіцитом. Очікується, що частота та інтенсивність екологічних екстремальних впливів у зв'язку зі зміною клімату в подальшому лише зростатимуть [3, 4]. У вирішенні даної проблеми адаптивний сорт є найдешевшим і доступним засобом зростання врожайності за умов стресу. Разом з тим, розвиток розуміння реакцій рослин на посуху є основною частиною розробки стрес-толерантних сортів. Розглядаючи цю проблему, генетики та селекціонери зосереджують свої зусилля головним чином на використанні класичної адаптивної селекції для створення нових стійких сортів. Проте оцінка посухостійкості рослин в польових умовах передбачає застосування значних матеріальних ресурсів і потребує відповідних умов середовища для ефективного фенотипового прояву ознак резистентності генотипу до водного дефіциту [5]. Тому необхідно використовувати прості, але ефективні методи раннього скринінгу селекційного матеріалу.

### 2. Літературний огляд

Протягом останніх десятиліть поряд з морфолого-анатомічними і фізіолого-біохімічними методами оцінки стрес-стійкості рослин широкого поширення набули біотехнологічні підходи. Сучасні біотехнології, зокрема культура тканин *in vitro*, дають змогу значно скоротити терміни добору та оцінки генотипів і успішно застосовуються селекціонерами по всьому світу. Культура ізолятованих тканин є найбільш екологічно безпечною, малозатратною за часом і ресурсами технологією для вивчення стрес-толерантності форм зернових, що базується на використанні калюсних культур та культивуванні *in vitro* клітин у специфічних умовах [6, 7]. На клітинному рівні стійкість до водного дефіциту виявляється у толерантності клітин до присутності в живильному середовищі осмотично активних речовин [7, 8]. З метою імітації *in vitro* стресового ефекту водного дефіциту застосовують живильні середовища, які доповнені осмотично активними речовинами, що знижують зовнішній водний потенціал [9]. На даний час селективні системи для відбору стійких до водного дефіциту форм розроблені для багатьох злакових культур [10, 11]. В якості стресового чинника, як правило, використовують високомолекулярний поліетиленгліколь (ПЕГ) або низькомолекулярний маніт.

Слід відмітити, що порівняно з непроникаючим ПЕГ, маніт проникає у рослинну клітину та знижує нормальний водний потенціал, чим спричиняє зневоднення та гальмування багатьох фізіологічних та метаболічних процесів [12]. Єгипетські дослідники [13] встановили чітку позитивну кореляцію між виживаністю калюсів на селективних середовищах з різними концентраціями маніту і життєздатністю цих генотипів у польових умовах. При проведенні клітинної селекції кукурудзи на посухостійкість російські вчені апробували два селективних агенти – ПЕГ і маніт, в результаті чого показано, що селективна система з манітом є ефективнішою, оскільки забезпечує більш повну елімінацію чутливих клітин і вищу життєздатність рослин-регенерантів [14]. При цьому було підтверджено збереження підвищеної толерантності до посухи у нащадків більшості отриманих після клітинної селекції форм, що вказує на мутаційну природу толерантності. Аналогічні результати для м'якої пшениці продемонстрували й інші автори [15, 16].

Результати аналізу літературних джерел з даної проблеми свідчать, що питання вивчення посухостійкості пшениці на ранніх етапах селекційного процесу за умов *in vitro* висвітлене недостатньо. Не повністю розкритими є питання впливу осмотичних речовин, зокрема маніту, на регенераційну здатність калюсних культур та особливості перебігу в них морфогенетичних процесів. Дослідження, спрямовані на розв'язання даної проблеми, є актуальними і значимими, оскільки орієнтовані на розширення можливостей біотехнологій, підвищення їх ефективності та широке впровадження нових методів для вирішення прикладних завдань селекції пшениці.

### 3. Мета та задачі дослідження

Мета досліджень – провести скринінг *in vitro* на стійкість до водного дефіциту гібридів другого покоління пшениці м'якої та твердої ярої з використанням маніту як селективного чинника.

Для реалізації даної мети були поставлені наступні задачі:

1. Визначити рівень виживання калюсних культур гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої на селективних середовищах з різними концентраціями маніту;
2. Проаналізувати регенераційну здатність калюсів гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої після дії осмотичного стресу;
3. На основі отриманих результатів виділити генотипи з підвищеною стійкістю до водного дефіциту.

### 4. Матеріали та методи

Матеріалом досліджень були гібриди F<sub>2</sub> пшениці ярої м'якої – Злата / Алтайская 325, Струна миронівська / Авиада, Granny / Башкирская 28, Елегія миронівська / Краса Полісся, та твердої – Корона / Харківська 27, Жізель / Лан, Харківська 27 / Ізоolda, Харківська 41 / Діана, Харківська 41 / Тера, Харківська 41 / МПП Райдужна. Зразки насіння отримано вирощуванням у польових умовах селекційного розсадника лабораторії селекції ярої пшениці Миронівського інституту пшениці 2016 року. У роботі використовували калюси вищезазначених генотипів (по 160 шт. на кожен варіант досліду). Культуру калюсної тканини отримували з апікальних меристем пагонів 3-добових стерильних проростків на середовищі Мурасіге-Скуга (МС) [17], яке додатково містило 2 мг/л 2,4-Д.

Калюси культивували у чашках Петрі при 26 °С в темряві на селективному середовищі протягом 4 тижнів. Як селективний агент застосовували низькомолекулярний маніт, який додавали до модифікованого середовища МС у концентраціях 0,2; 0,4; 0,6 та 0,8 М. Контролем слугувало середовище без маніту. Через 4 тижні визначали частку живих калюсів як відсоткове відношення кількості життєздатних калюсів до їх початкової кількості. При цьому до мертвих відносили калюси, які побурили на 2/3 своєї поверхні й більше, а решту вважали живими.

Для індукції морфогенезу калюси переносили на регенераційне середовище МС, доповнене 1 мг/л БАП та 0,5 мг/л ІОК. Частоту регенерації пагонів визначали як відсоткове відношення кількості калюсів, що утворили хоча б один пагін, до початкової кількості калюсів. Отримані пагони в міру розвитку переносили на безгормональне середовище МС з половинним вмістом макросолей для укорінення. Укорінені рослини-регенеранти пересаджували у горщики зі спеціально підібраною ґрунтовою сумішшю і поміщали у вологу камеру на 7–14 діб, після чого їх переносили у ґрунт. Експериментально отримані дані обробляли за допомогою методів статистичного аналізу [18].

### 5. Результати досліджень та їх обговорення

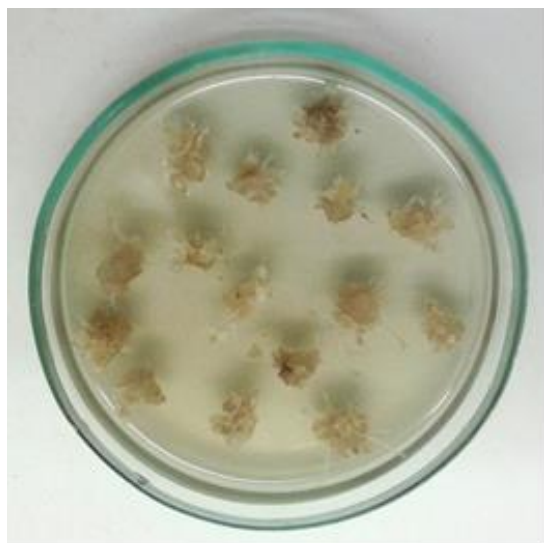
Під час визначення рівня виживання калюсних культур на варіантах з манітом у концентраціях 0,2–0,8 М найбільшу частку живих калюсів було виявлено у гібриду Елегія миронівська / Краса Полісся (табл. 1).

Таблиця 1

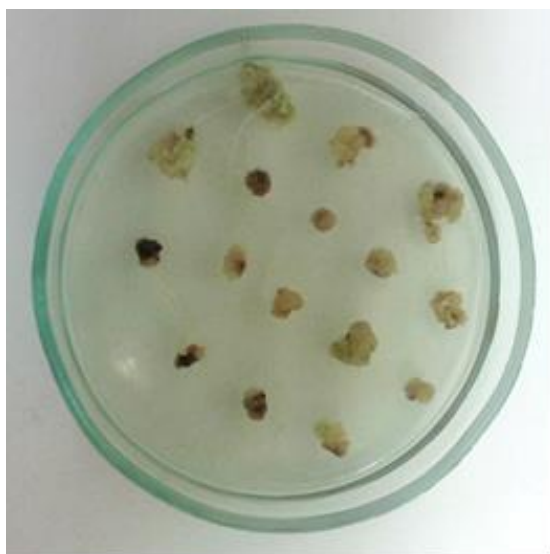
Рівень виживання калюсів гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої на селективному середовищі з манітом, %

Генотип	Варіант досліду				
	Контроль	0,2 М	0,4 М	0,6 М	0,8 М
Злата / Алтайская 325	100	25,0±3,4	18,8±3,1	16,3±2,9	–
Струна миронівська / Авиада	100	65,6±3,7	51,9±4,0	33,1±3,7	6,3±1,9
Granny / Башкирская 28	100	26,9±3,5	22,5±3,3	16,9±3,0	–
Елегія миронівська / Краса Полісся	100	69,4±3,6	58,1±3,9	39,4±3,9	18,8±3,1
Харківська 41 / МПП Райдужна	100	55,6±3,9	47,5±4,0	26,9±3,5	2,5±1,2
Жізель / Лан	100	18,8±3,1	4,4±1,6	–	–
Харківська 27 / Ізоolda	100	22,5±3,3	10,0±2,4	8,1±2,2	–
Харківська 41 / Діана	100	23,1±3,3	6,3±1,9	2,5±1,2	–
Харківська 41 / Тера	100	30,6±3,6	21,3±3,2	11,9±2,6	–
Корона / Харківська 27	100	34,4±3,8	25,6±3,5	12,5±2,6	–

Гібриди Струна миронівська / Авиада та Харківська 41 / МІП Райдужна також мали порівняно високий відсоток виживаності за селективних умов. Більшість калюсів цих генотипів продовжували свій ріст і проявляли ознаки морфогенезу навіть за концентрації 0,8 М маніту (рис. 1).



а



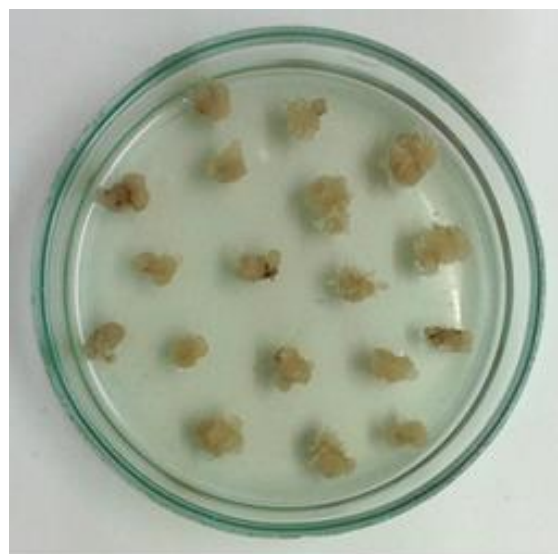
б

Рис. 1. Калюси гібриду F<sub>2</sub> Елегія миронівська / Краса Полісся: а – контроль; б – селективне середовище з 0,8 М маніту

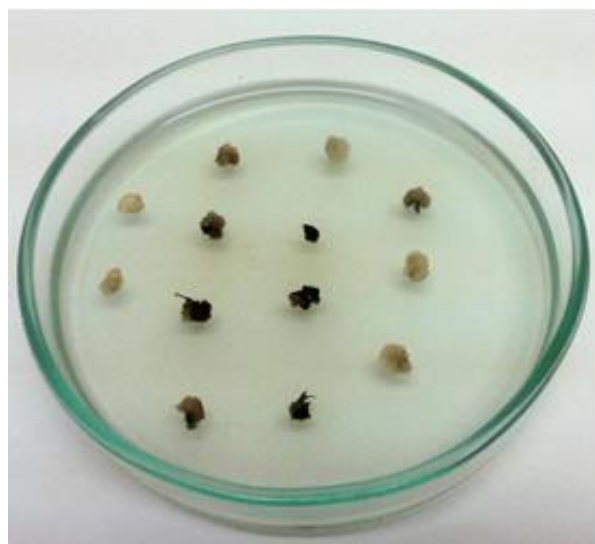
Для решти генотипів дана концентрація виявилась летальною, оскільки їх калюси при культивуванні на даному варіанті селективного середовища загинули. За критерієм толерантності до осмотичного стресу найгіршим виявився гібрид Жізель / Лан, оскільки у нього виживаність калюсів на всіх варіантах середовищ була найменшою. Велика їх частка темніла та підлягала некрозу (рис. 2).

Більш чітку диференціацію всіх генотипів визначала концентрація 0,6 М. Згідно з отриманими даними можна зробити попередній висновок, що гібриди Елегія миронівська / Краса Полісся, Струна миронівська / Авиада та Харківська 41 / МІП Райдужна є

найменш осмочутливими, оскільки за селективних умов ці генотипи мали найбільшу частку живих калюсів.



а



б

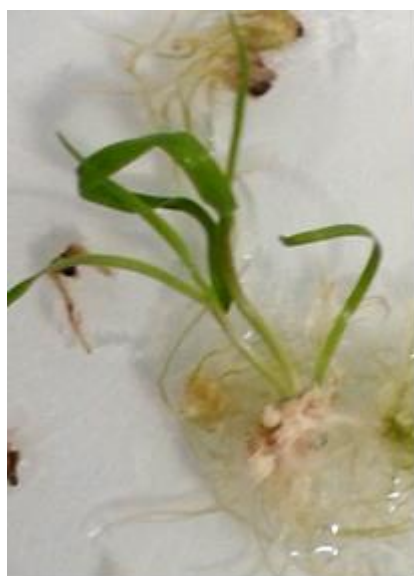
Рис. 2. Калюси гібриду F<sub>2</sub> Жізель / Лан: а – контроль; б – селективне середовище з 0,4 М маніту

Слід зазначити, що за високих концентрацій осмотика проявлялась виражена гетерогенність калюсу: частина клітин ще зберігали здатність до проліферації, в той час як інші вже загинули. Однією із можливих причин такої гетерогенності калюсу може бути різний рівень плоідності клітин. Загалом, зі збільшенням концентрації маніту з 0,2 до 0,8 М у всіх генотипів спостерігається пригнічення росту калюсної культури, що свідчить про токсичний вплив стресового фактору.

Після перенесення калюсів на регенераційне середовище на деяких з них спостерігали утворення щільних зелених ділянок. У своїх дослідженнях ми спостерігали розвиток з морфогенного калюса як соматичних ембріодів, так і геморизогенних структур, отриманих у процесі органогенезу (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3. Різні шляхи морфогенезу в культурі *in vitro* ярої пшениці: а – соматичний ембріогенез; б – гемо-ризогенез; в – ризогенез

У ході подальшого культивування частина калюсів формували рослини-регенеранти. Однак, у деяких калюсів спостерігали лише процеси ризогенезу (утворення коренів) без подальшої регенерації, що в подальшому істотно знижувало вихід рослин. Дослідники дане явище пояснюють тим, що процес органогенезу у них не досягає рівня розвитку цілих рослин [19]. Раніше при вивченні *in vitro* різних культуральних процесів у пшениці м'якої ярої була встановлена негативна залежність між ембріодо- і ризогенезом та висока негативна кореляція між ефективністю регенерації і ризогенними процесами [20]. У наших дослідженнях на середовищах, що містили селективний фактор, незважаючи на активний морфогенетичний процес в калюсних тканинах, у більшості генотипів отримали лише незначну кількість рослин. Як відомо, стабільна регенераційна здатність є необхідною умовою практичного застосування культури тканин у клітинній селекції, яка спрямована на отримання стійких форм рослин [9, 10].

Внаслідок культивування калюсів на селективному середовищі за присутності 0,8 М маніту регенерацію пагонів спостерігали лише у гібриду F<sub>2</sub> Елегія миронівська / Краса Полісся, що свідчить про наявність у неї підвищеної стійкості до негативної дії осмотика (табл. 2).

Варто підкреслити, що регенерацію зелених пагонів після культивування на середовищі з манітом концентрацією 0,2 М поряд з контролем спостерігали у всіх генотипів, окрім Жізел / Лан. На середовищах з 0,4 М маніту морфогенез не спостерігали лише у гібридів F<sub>2</sub> Жізел / Лан, Харківська 41 / Діана та Харківська 41 / Тера. На варіантах з 0,6 М маніту процес утворення рослин-регенерантів відбувався у гібридів F<sub>2</sub> Елегія миронівська / Краса Полісся, Струна миронівська / Авиада та Харківська 41 / МІП Райдужна.

Гібрид F<sub>2</sub> Жізел / Лан виявився найчутливішим до дії стрес-чинника, оскільки його калюси проявляли регенераційну здатність лише в умовах контролю.

Варто зазначити, що на контрольному середовищі частота регенерації пагонів між генотипами також була різною. Це вказує на те, що не лише токсична дія осмотика впливає на процеси морфогенезу, а й великою мірою генотипові особливості. Значні розходження між генотипами за частотою регенерації пагонів підтверджують існування різних генетичних систем її регуляції [21]. За допомогою діалельного аналізу дослідники довели справедливість такого припущення для культури тканин незрілих зародків ячменю [22]. В ряді робіт було показано вплив генотипу на регенераційну здатність культивованих тканин пшениці [21, 23] та тритикале [24]. У працях американських дослідників [25] для виявлення генетичних факторів, що детермінують здатність калюсу до регенерації, були використані дителосомні і нулітетрасомні лінії пшениці сорту "Чайніз Спрінг". За результатами проведених досліджень були знайдені істотні відмінності між анеуплоїдними і еуплоїдними лініями за експресією і швидкістю росту калюсів, що регенерують. Автори виявили значний вплив присутності-відсутності плеча у гомологічних хромосомах на генетичний



баланс організму, що проявляється у зміні характеру генних ефектів при успадкуванні здатності до недиференційованого росту. Встановлено також, що відсутність певних плечей хромосом може або вза-

галі унеможливити регенерацію, або істотно її послабити. З наведених прикладів очевидно, що регуляція регенераційної здатності є досить складним процесом, а тому потребує поглибленого вивчення.

Таблиця 2

Частота регенерації з калюсів гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої на селективному середовищі з манітом, %

Генотип	Варіант досліді				
	Контроль	0,2 М	0,4 М	0,6 М	0,8 М
Злата / Алтайская 325	13,1±2,7	9,4±2,3	7,5±2,1	–	–
Струна миронівська / Авиада	18,1±4,4	16,9±3,0	15,0±2,8	13,8±2,7	–
Granny / Башкирская 28	15,0±2,8	11,9±2,6	8,8±2,2	–	–
Елегія миронівська / Краса Полісся	30,0±3,6	19,4±3,1	17,5±3,0	15,6±2,9	9,4±2,3
Харківська 41 / МП Райдужна	21,3±3,2	18,1±3,1	14,4±2,8	10,0±2,4	–
Жізель / Лан	12,5±2,6	–	–	–	–
Харківська 27 / Ізольда	8,8±2,2	5,0±1,7	3,1±1,4	–	–
Харківська 41 / Діана	6,9±2,0	6,3±1,9	–	–	–
Харківська 41 / Тера	7,5±2,1	5,0±1,7	–	–	–
Корона / Харківська 27	7,1±2,0	5,6±1,8	2,5±1,2	–	–

Розвиток рослин-регенерантів після культивування на селективному середовищі йшов подібно розвитку донорних рослин пшениці ярої у польових умовах. Під час регенерації пагонів відзначалися типові фенофази сходів, третього листа, куціння.

Отримані пагони переносили на безгормональне середовище МС з половинним вмістом макросолей для укорінення. В подальшому укорінені регенеранти пересажували у горщики з ґрунтовою сумішшю та переводили в умови *in vivo* (рис. 4).



Рис. 4. Етапи отримання рослин-регенерантів гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої: а – регенерація пагонів; б – укорінення пагонів; в – переведення рослин-регенерантів в умови *in vivo*

## 6. Висновки

1. У результаті досліджень виділено генотипи пшениці ярої, які характеризувались здатністю до росту на селективному середовищі з осмотично активною речовиною та зберігали ознаку стійкості протягом циклу культивування.

2. Калюси гібридів другого покоління не лише проявляли ознаки життєздатності за селективних умов, а й зберігали морфогенетичний потенціал.

3. Генотипова реакція на осмотичний стрес у калюсній культурі гібридів F<sub>2</sub> пшениці ярої виявлялась за різною життєздатністю та різною регенераційною здатністю за дії стресового чинника.

4. Встановлено, що найбільшою стійкістю до водного дефіциту характеризувався гібрид Елегія миронівська / Краса Полісся, оскільки його калюси за селективних умов виділялись підвищеним морфогенним потенціалом та з експлантів лише цього генотипу після

культивування на середовищі з манітом концентрацією 0,8 М було отримано рослини-регенеранти. Гібрид Еле-

гія миронівська / Краса Полісся може бути цінним матеріалом для подальшої селекції пшениці ярої.

### Література

1. Яремко З., Рудяк О. Основні чинники формування кон'юнктури світового ринку пшениці // Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Серія: Економічні науки. 2016. № 1. С. 103–109.
2. Comparative study of morphological traits in wheat and triticale / Mohammad F. et. al. // Pakistan Journal of Botany. 2011. Vol. 43, Issue 1. P. 165–170.
3. Krasensky J., Jonak C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 63, Issue 4. P. 1593–1608. doi: <http://doi.org/10.1093/jxb/err460>
4. Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2005. Vol. 24, Issue 1. P. 23–58. doi: <http://doi.org/10.1080/07352680590910410>
5. In vitro screening of durum wheat against water-stress mediated through polyethylene glycol / Kacem N. S. et. al. // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2017. Vol. 15, Issue 1. P. 239–247. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.04.004>
6. Моргун В. В., Дубровна О. В., Моргун Б. В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці // Физиология растений и генетика. 2016. Т. 48, № 3. С. 196–214.
7. Біотехнологічні та цитогенетичні основи створення рослин, стійких до стресів: монографія / Дубровна О. В. та ін.; ред. Моргун В. В. Київ: Логос, 2012. 428 с.
8. Soliman H. I. A., Hendawy M. H. Selection for drought tolerance genotypes in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under in vitro conditions // Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 14, Issue 1. P. 69–78.
9. Дубровная О. В. Селекция in vitro пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессовым факторам // Физиология растений и генетика. 2017. Т. 49, № 4. P. 279–292.
10. Lestari E. G. In vitro selection and somaclonal variation for biotic and abiotic stress tolerance // Biodiversitas. 2006. Vol. 7, Issue 3. P. 297–301. doi: <http://doi.org/10.13057/biodiv/d070320>
11. Developing stress tolerant plants through in vitro selection – An overview of the recent progress / Rai M. K. et al. // Environmental and Experimental Botany. 2011. Vol. 71, Issue 1. P. 89–98. doi: <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.021>
12. Генерозова И. П., Маевская С. Н., Шугаев А. Г. Ингибирование метаболической активности митохондрией этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 1. С. 45–52.
13. Ahmad A. A. Response of immature embryos in vitro regeneration of some wheat, *Triticum aestivum* genotypes under different osmotic stress of mannitol // Journal of Agricultural Science. 1999. Vol. 30, Issue 3. P. 25–34.
14. Аль-Холани Х. А. Получение стресс-толерантных растений кукурузы методом клеточной селекции: дис. ... канд. биол. наук. Москва: Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, 2010. 129 с.
15. Effect of PEG and mannitol induced water stress on regeneration in wheat (*Triticum aestivum* L.) / Butt A. et al. // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 2015. Vol. 52, Issue 4. P. 1025–1033.
16. Вплив осмотичних речовин на калюсні лінії м'якої пшениці, стійкі до культурального фільтрату *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* / Дубровна О. В. та ін. // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. 2011. Т. 9, № 1. С. 10–16.
17. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures // Plant Physiology. 1962. Vol. 15, Issue 3. P. 473–497. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
18. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
19. Delporte F., Mostadel O., Jacquemin J. Plant regeneration through callus initiation from thin mature embryo fragments of wheat // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2001. Vol. 67, Issue 1. P. 73–80. doi: <http://doi.org/10.1007/s11240-004-9221-x>
20. Взаимосвязь морфогенетических процессов в культуре ткани пшеницы / Хлебова Л. П. и др. // Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. Т. 6, № 2. С. 311–320.
21. Сидор Л. С., Орлов П. А. Регенерационный потенциал различных видов пшеницы, ржи и ячменя в культуре листовых эксплантов // Цитология и генетика. 2005. Т. 39, № 5. С. 28–34.
22. Komatsuda T., Enomoto S., Nekajima K. Genetics of callus proliferation and shoot differentiation in barley // Journal of Heredity. 1989. Vol. 80, Issue 5. P. 345–350. doi: <http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a110872>
23. Henry Y., Marcotte J., De Buyser J. Chromosomal location of genes controlling short-term and long-term somatic embryogenesis in wheat revealed by immature embryo culture of aneuploid lines // Theoretical and Applied Genetics. 1994. Vol. 89, Issue 2-3. P. 344–350. doi: <http://doi.org/10.1007/bf00225165>
24. Пыкало С. В. Биотехнология получения растений-регенерантов тритикале в культуре различных типов эксплантов // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2015. № 5-6. С. 34–39.
25. Kaleikau E. K., Sears R. G., Gill B. S. Control of tissue culture response in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 1989. Vol. 78, Issue 6. P. 783–787. doi: <http://doi.org/10.1007/bf00266658>

Дата надходження рукопису 03.05.2018

**Пикало Сергій Володимирович**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Відділ біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: [pykserg@ukr.net](mailto:pykserg@ukr.net)

**Демидов Олександр Анатолійович**, доктор сільськогосподарських наук, Член-кореспондент НААН України, директор, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: [mwheats@ukr.net](mailto:mwheats@ukr.net)

**Прокопик Наталія Іванівна**, Молодший науковий співробітник, Відділ біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: snatanata@ukr.net

**Волощук Сергій Іванович**, кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник. Відділ біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: volsi@ukr.net

**Юрченко Тетяна Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу, Відділ біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: T.Yurchenko978@gmail.com

**Хоменко Світлана Олегівна**, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії, Лабораторія селекції ярої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна, 08853  
E-mail: homenko.mip@ukr.net

УДК 631.963.3+581.52(477.63)

DOI: 10.15587/2519-8025.2018.133186

## РІЗНОМАНІТНІСТЬ ТА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ ВУЛИЧНИХ НАСАДЖЕНЬ м. КРИВИЙ РІГ

© **І. І. Коршиков, Л. І. Бойко, О. В. Красноштан, О. П. Сулова, А. Ю. Мазур**

Важливим чинником поліпшення еколого-естетичної ролі зелених насаджень у міському середовищі є аргументований підбір деревних порід для озеленення міських територій. Тому виникає необхідність дослідження стану зелених насаджень у промислових містах. **Метою** роботи було дослідити різноманітність дендрофлори у вуличних насадженнях Сакаганського району м. Кривий Ріг та виявити найбільш стійкі до умов урбанізованого середовища декоративні види деревних рослин. Дослідження проводились **методом** інвентаризації зелених насаджень з визначенням виду рослин, їх таксаційних параметрів та визначення рівня життєздатності. Встановлено, що на обстежуваних територіях зростає 49 видів деревних рослин, що охоплюють 17 родин та презентують 23 роди. За кількістю екземплярів переважають *Aesculus hippocastanum* L. (13,4 % від всієї кількості дерев), *Populus bolleana* Louche (7,8 %), *Populus nigra* L. (6,6 %), *Ulmus laevis* Pall. (6,4 %), *Tilia cordata* Mill. (6,0 %), *Robinia pseudoacacia* L. (4,1 %). Найбільша кількість видів, що характеризуються життєздатністю 7–8 балів, походять з Циркумбореальної флористичної області (майже 39 % серед усіх видів, що отримали найвищі показники життєздатності). У насадженнях обстежуваного району переважають швидкозростаючі породи, вони складають 67 %. Доля середньозростаючих та повільнозростаючих порід значно менша (відповідно 23 % та 10 %). Зниження життєздатності деревних рослин з віком залежить від інтенсивності їхнього росту. Швидше всього зниження життєздатності деревних рослин відбувається у повільнозростаючих (у віці після 30 років), а у середньо- та швидкозростаючих деревних порід після 40-50 років. Отже, до складу лінійних вуличних насаджень промислових міст степового Правобережного Придніпров'я не слід залучати повільнозростаючі деревні породи як менш довговічні за цих умов.

Найвищою життєздатністю характеризуються рослини у вікових категоріях 21–30 та 31–40 років (відповідно 27,4 % та 22,9 %). Найбільшу кількість дерев з найнижчим рівнем життєздатності виявлено серед молодих рослин до 10 річного віку. Як найбільш стійкі та життєздатні у вуличних насадженнях можливо рекомендувати види родів *Fraxinus* L., *Acer* L., *Populus* L., *Robinia* L., *Ulmus* L.

**Ключові слова:** урбанізація, деревні породи, вуличні насадження, різноманітність, життєздатність, вікова категорія

### 1. Вступ

У великих промислових містах, яким є Кривий Ріг, інтенсивний процес урбанізації зумовлює погіршення екологічної ситуації та якості життя населення. Позитивно на стан міського середовища вплива-

ють деревні насадження, бо саме вони осаджують пил, поглинають токсичні промислові гази, аерозолі, збагачують атмосферне повітря киснем, виділяють фітонциди, покращують мікроклімат: збільшують вологість повітря, захищають від вітру і сонячної ра-