

УДК 633.88
© 2017

Є.В. ГРИГОРИШИН,
здобувач

Полтавська державна
аграрна академія, Україна
E-mail: ej777@i.ua
вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава

ЦІЛІСНІСТЬ
РОСЛИННИХ ОРГАНІЗМІВ
ЗА РІЗНИХ УМОВ
ПЕРЕДПОСІВНОЇ
ОБРОБКИ НАСІННЯ
НА ПРИКЛАДІ
ЕХІНАЦЕЇ БЛІДОЇ

Кількісно оцінено варіабельність цілісності системи координаційних зв'язків організменого рівня ехінацеї блідої внаслідок впливу передпосівної обробки насіння різноманітними стимуляторами. Показано, що інтеграцію рослин можна охарактеризувати засобами факторного аналізу, вона є дуже чутливою до впливу екологічних чинників, у тому числі й засобів передпосівної обробки насіння. Встановлено, що під впливом переважної більшості досліджених варіантів внутрішня структура координаційних зв'язків морфо-функціональних ознак ехінацеї блідої описується розміром рослин, кількістю осьових модулів, фотосинтетичним і репродуктивним потенціалом. Зовнішні екологічні чинники, наприклад обробка насіння стимуляторами, можуть приводити до незначних перебудов інтеграційної структури. Обробка гуматом не впливає на характер кореляції головних компонент та маніфестних змінних. Найбільш складна трансформація спостерігається в разі застосування наноміксу та його суміші з гуматом.

Ключові слова: ехінацея бліда, організм, цілісність, аналіз головних компонент, стимулятори.

Важливим показником стану популяцій рослин є рівень морфологічної та фізіологічної інтегрованості. Основним методом дослідження цілісності організмів рослини є вивчення мінливості ознак та кореляцій між ними [2–6]. Показники структури врожайності за своєю природою належать до найважливіших морфо-функціональних ознак рослин. Безумовно, біологічна продукція, яку людина розглядає як урожай та його якість, виконує функцію, що є результатом процесів росту рослинного організму протягом усього онтогенезу. Розгортання онтогенетичної програми, яка записана в генетичному коді, відбувається внаслідок взаємодії рослинного організму з навколишнім середовищем. Узгоджена динаміка різних структурних та функціональних компонент рослинного організму вважається проявом його інтегрованості, а оцінка системи скорельованості ознак – індикатором стану рослин

[5]. Під впливом стресу ступінь скорельованості структур рослини може змінюватися [4]. У деяких випадках за стресових умов у рослин підвищується ступінь зв'язності кореляційної матриці, відповідно, й інтегрованість морфологічної структури, а в інших – навпаки, зв'язність матриці зменшується в більш жорстких умовах [7].

Для ефективного вирішення завдання кількісної оцінки інтегрованості рослинного організму використовують факторний аналіз, по підсумках якого за розмір внеску в перший фактор приймають показник рівня морфологічної інтегрованості рослин [5].

Методи аналізу головних компонент широко застосовують і в дослідженні морфології рослин [6]. Аналіз головних компонент показав істотні розбіжності у коваріаційних структурах морфологічних ознак кукурудзи, що вирощувалася в умовах вологості ґрунту 40 і 100 % [10]. Класифікацію географічно

відмінних посівів кукурудзи за морфологічними ознаками було проведено із застосуванням аналізу головних компонент у Франції [9], Іспанії [11, 13], Італії [8] та Аргентини [12]. Цей підхід висвітлює свою ефективність в аналізі морфологічної мінливості кукурудзи в посівах України [1, 2].

Метою нашої роботи було кількісно оцінити варіабельність цілісності системи координаційних зв'язків організменого рівня ехінацеї блідої внаслідок впливу передпосівної обробки насіння різноманітними стимуляторами.

Методи дослідження. Роботи проводили на промислових плантаціях ехінацеї блідої протягом трьох років в умовах Полтавської області. У 2012, 2014 та 2015 роках було відібране насіння ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt сорту “Красуня прерій” врожаю 2011, 2013 та 2014 років відповідно. Для аналізу показників продуктивності рослин ехінацеї блідої були взяті рослини першого року вегетації.

Ґрунти представлені чорноземами вилугуваними середнього механічного складу з умістом гумусу 2,45–2,84 %, рН водним 6,4. Попередником була пшениця озима. Насіння висівали сіялкою ССТ-12Б з нормою висіву 8–10 кг/га. Ширина міжряддя – 45 см. Під час вегетації проводили міжрядний обробіток ґрунту, підживлення та ручні прополювання.

Для польових досліджень після порівняння в лабораторних умовах були взяті такі варіанти: контроль – сухе насіння; обробка насіння ехінацеї блідої електромагнітним полем УВЧ-діапазону (УВЧ-опромінення); за-

мочування насіння у 0,001%-вому розчині гумату натрію; замочування насіння в суміші 0,001%-вого розчину гумату натрію та 1%-вого розчину хелатного комплексного добрива “Наномікс” (гумат+наномікс); замочування насіння в 1%-вому розчині хелатного комплексного добрива “Наномікс” (наномікс).

Обробку хімічними речовинами природного походження проводили методом замочування насіння у водному розчині препаратів. Для обробки насіння УВЧ-опроміненням використовували апарат УВЧ 60-Мед ТеКо з частотою 27,17 МГц та вихідною потужністю до 60 Вт, дозволений для виконання робіт МОЗ України. Розмір однієї партії опроміненого насіння становив 3 г. Для опромінення до УВЧ-генератора приєднували пластини діаметром 0,12 м. Відстань між пластинами дорівнювала 0,05 м. Після опромінення з партії відбирали необхідну для дослідження кількість насінин.

Статистичний аналіз виконано за допомогою програми Statistica 10.0.

Результати дослідження та їх обговорення. Вважаємо, що обґрунтованим показником рівня морфологічної інтегрованості є внески багатомірних факторів (головних компонент), які характеризуються власними числами, що перевершують одиницю. Одержані дані свідчать про те, що варіабельність, пояснена головними компонентами, майже не відрізняється від контролю за умов обробки насіння перед висівом УВЧ-опроміненням і наноміксом та дещо знижується в разі застосування гумату та суміші гумату й наноміксу (таблиця).

Пояснена варіація показників урожайності ехінацеї блідої головними компонентами з власними числами більше одиниці за різних способів передпосівної обробки насіння

ГК	Контроль	УВЧ-опромінення	Гумат	Гумат + наномікс	Наномікс
1	44,76	46,08	37,73	47,37	43,33
2	20,63	19,87	24,09	22,50	21,57
3	13,36	13,32	14,34	11,83	12,02
4	8,45	8,72	8,21	–	9,49
Усього	87,21	87,98	84,37	81,70	86,41
Питома варіація	21,80	22,00	21,09	27,23	21,60

Маркером морфологічної організації рослин, вважаємо, може бути питома варіація, тобто пояснена варіація головними компонентами, власні числа яких більше одиниці до кількості цих головних компонент. Головне число являє собою відношення дисперсії, яку віддзеркалює головна компонента, до рівномірно розподіленої частки дисперсії між усіма змінними. Тобто, якщо відповідне число перевищує одиницю, то це свідчить про віддзеркалення головною компонентою певної частки інтеграції між ознаками. Інтеграція розуміється як цілісність, тобто внаслідок узгодженої поведінки між змінними інтеграційного зв'язку виникає кореляція. Але головні компоненти незалежні між собою, тобто може існувати не один, а декілька аспектів інтеграції. Тому очевидно, чим більша кількість поясненої варіабельності, тим більша інтегрованість системи. Інтегрованість системи також буде більшою, якщо пояснена варіабельність розподілена між меншою кількістю головних компонент. Саме тому питома варіабельність є маркером інтегрованості рослинного організму. На основі викладеного можемо стверджувати, що застосування гумату та наноміксу підвищує інтегрованість рослинних систем, тоді як інші способи обробки суттєво не впливають на цю властивість.

Крім загального рівня інтегрованості рослинних організмів, за показниками структури врожайності ехінацеї білої відбуваються структурні перебудови в системі зв'язків між морфологічними та функціональними ознаками, які зручно відобразити за допомогою представлення ознак у просторі головних компонент (рис. 1–5).

Факторна структура системи морфологічних маркерів структури врожайності в контролі майже ідентична структурі, яка встановлена для загальної вибірки у цілому. Чотири головні компоненти можуть бути інтерпретовані таким чином: розмір рослин, кількість стебел, фотосинтетичний потенціал та репродуктивний потенціал.

УВЧ-опромінення суттєво змінює структуру кореляційних зв'язків між структурно-функціональними ознаками. Розмір рослин описується вже не головною компонентою 1, а головною компонентою 4 (рис. 2).

Кількість стебел і пов'язані з нею показники набувають першочергового значення та описуються головною компонентою 1. Репродуктивний потенціал описується головною компонентою 2, а не 4, як у контролі. У свою чергу структура варіабельності показників фотосинтетичного потенціалу змінюється так, що інтерпретація головної

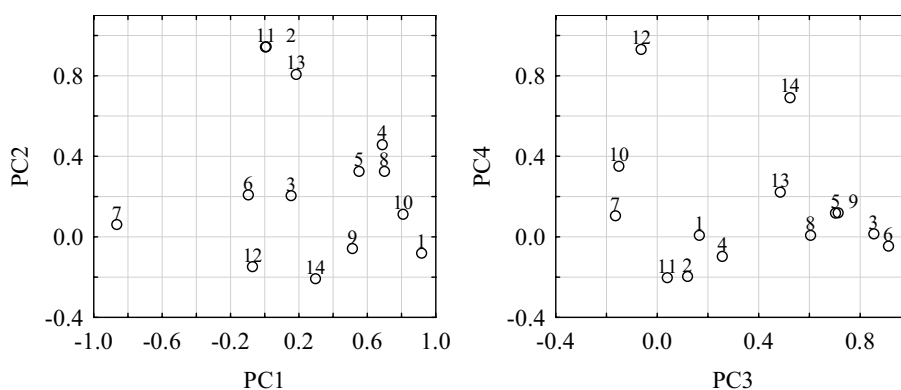


Рис. 1. Аналіз головних компонент показників структури врожайності для контрольних рослин

Тут і далі: 1 – висота стебел, см; 2 – кількість стебел; 3 – маса стебел, г; 4 – кількість листків; 5 – маса листків (L), г; 6 – маса черешків (P), г; 7 – маса висічок, г; 8 – площа листя, см²; 9 – площа листка, см²; 10 – L/P; 11 – кількість суцвіть; 12 – діаметр суцвіть, см; 13 – маса суцвіть, г; 14 – маса одного суцвіття, г

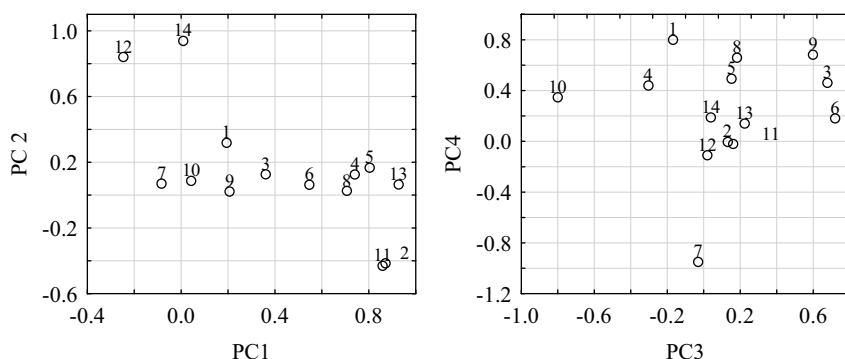


Рис. 2. Аналіз головних компонент показників структури врожайності для рослин після UVЧ-опромінення насіння перед сівбою

компоненти 3 може бути дещо уточнена. Головна компонента 3 для варіанта з UVЧ-опроміненням найбільшою мірою маркується масою черешків, масою стебел, площею листків та протилежною динамікою кількості листків відношення L/P. Таким чином, UVЧ-опромінення приводить до функціональної трансформації фотосинтетичного апарату рослин порівняно з контрольними умовами. Відбувається збільшення маси черешків та стебел на фоні зменшення кількості листків.

Для обробки гуматом насіння характерна відповідність контрольним умовам 1- та 4-ої головних компонент (рис. 3). Головні компоненти 2 та 3 обмінюються місцями: більш важливого значення набуває варіабельність фотосинтетичного апарату порівняно з кількістю стебел.

Крім того, головна компонента 1 починає поєднувати в собі і варіабельність загальних розмірів рослинного організму, і варіабельність показників фотосинтетичного апарату. У зв'язку з цим головна компонента 2 більшою мірою може бути інтерпретована не як фотосинтетичний потенціал рослини, а як масивність конструктивних елементів рослини – стебел та черешків. Відзначимо, що головна компонента 2 для варіанта обробки гуматом описує найбільшу частку варіабельності простору ознак серед усіх інших варіантів (24,09 %).

Ступінь інтегрованості системи морфометричних ознак ехінацеї білої за умов застосування суміші гумату та наноміксу зростає, тому нами виділені тільки три головні компоненти, власні числа яких перевищують одиницю (рис. 4).

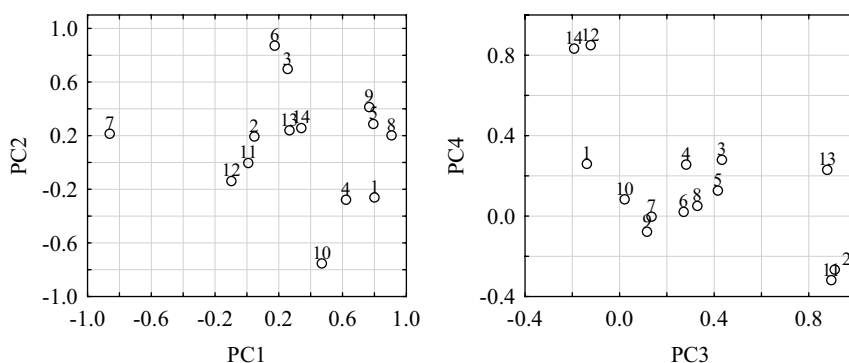


Рис. 3. Аналіз головних компонент показників структури врожайності для рослин після обробки насіння перед сівбою гуматом

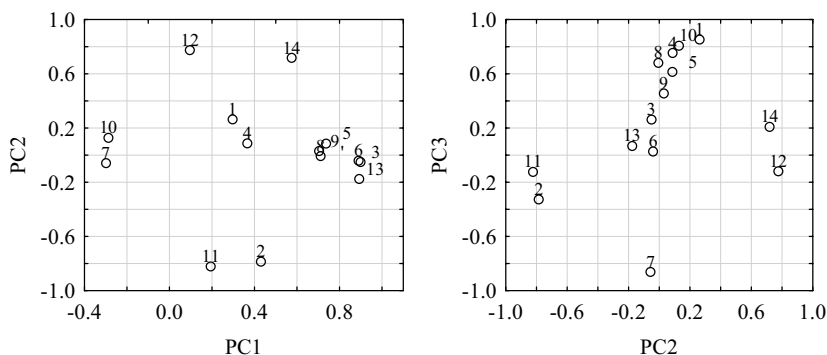


Рис. 4. Аналіз головних компонент показників структури врожайності для рослин після обробки насіння перед сівбою гуматом та наноміксом

Роль варіабельності розмірів рослин відступає на третю позицію, а головною компонентою 1 описується варіабельність показників фотосинтетичного потенціалу. Більша скоординованість проявляє себе й у тому, що маркери репродуктивного потенціалу не виокремлюються в ортогональну головну компоненту, а описуються головною компонентою 1, яка вже стає комплексом ознак фотосинтетичного і репродуктивного потенціалу, та головною компонентою 2, яка вже стає комплексом ознак кількості стебел та репродуктивного потенціалу.

Застосування комплексу гумату та наноміксу призводить до певної міри дезінтеграції організмової системи за рахунок диференціації головної компоненти 1 за умов впливу гумату на дві перші компоненти (рис. 5). Якщо проводити порівняння з

контролем, то також можна відмітити суттєві відмінності. Висота стебел вже визначається головними компонентами 1 та 4, того часу як у контролі висота стебел є найкращим маркером розмірів рослин. Застосування суміші наноміксу та гумату ставить висоту рослин у ряд з іншими маркерами фотосинтетичного потенціалу.

Головна компонента 2 позначає варіабельність маркерів репродуктивного потенціалу. Головна компонента 3 поєднує в собі маркери кількості стебел та репродуктивного потенціалу, а головна компонента 4 вказує на варіабельність розмірів рослин.

Таким чином, інтеграція рослин, яка може бути охарактеризована засобами факторного аналізу (або аналізу головних компонент), є дуже чутливою до впливу екологічних чинників, у тому числі й засобів передпосівної

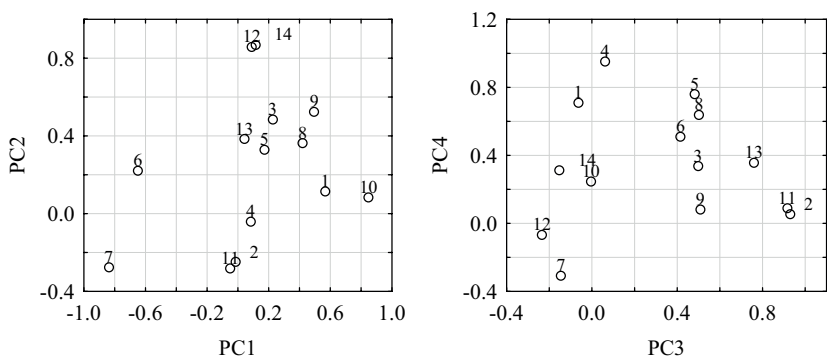


Рис. 5. Аналіз головних компонент показників структури врожайності для рослин після обробки насіння перед сівбою гуматом та наноміксом

обробки насіння. Ми можемо виділяти такі особливості інтеграції рослин, як *рівень інтеграції* та *інтеграційну структуру*.

Рівень інтеграції можна охарактеризувати за допомогою частки від загальної варіабельності простору ознак, яка описується головними компонентами, власні числа яких перевищують одиницю, та кількістю цих головних компонент. Саме питома варіабельність характеризує рівень інтеграції. За цим критерієм рівень інтеграції ехінацеї білої належить до практично інваріантних за умов застосування різних способів передпосівної обробки насіння, за винятком застосування гумату та наноміксу, внаслідок чого рівень інтегрованості суттєво підвищується.

Інтеграційна структура відображається за допомогою матриці факторних навантажень, які є коефіцієнтами кореляції маніфестних змінних (спостережуваних показників структури врожайності) та латентних змінних (багатомірних факторів, або головних компонент). За допомогою цих коефіцієнтів латентні змінні можуть бути змістовно інтерпретовані. Кількість головних компонент дорівнює кількості маніфестних змінних у випадку повністю нескорельованої системи показників. Якщо всі маніфестні показники змінюються скоординовано, то така система показників може бути охарактеризована однією головною компонентою. Інформаційне значення головної компоненти описується власним числом. Для аналізу слід застосувати головні компоненти, якщо їх власні числа перевищують одиницю.

Нашими дослідженнями встановлено, що інтеграційна структура є більш лабільною,

ніж рівень інтеграції. Очевидно, що лабільність інтеграційної структури слугує механізмом досягнення морфо-функціональної стійкості організмової системи за умов впливу зовнішніх екологічних чинників.

Для переважної більшості досліджених варіантів внутрішня структура координаційних зв'язків морфо-функціональних ознак ехінацеї білої описується чотирма головними аспектами: розміром рослин; кількістю осьових модулів, з яких вона складається; фотосинтетичним та репродуктивним потенціалом. Зовнішні впливи, такі як обробка насіння стимуляторами, можуть приводити до незначних перебудов інтеграційної структури. Наприклад, за умов обробки гуматом дещо змінюється порядок головних компонент, тобто змінюється частка варіабельності, яку описують мінорні головні компоненти. При цьому характер кореляції головних компонент та маніфестних змінних залишається майже інваріантним.

В інших випадках значно змінюється роль головних компонент. Так, компонента загального росту відступає ледь не на останнє місце, а найбільшого значення набуває варіабельність кількості осьових модулів, як це спостерігається у випадку з УВЧ-опроміненням.

Найбільш складна трансформація відбувається під час застосування наноміксу та суміші наноміксу й гумату. Показники росту, репродуктивного потенціалу та фотосинтетичного потенціалу вже характеризуються суттєво іншими комбінаціями маніфестних показників як у кількісному, так і в якісному аспектах.

Висновки

1. Інтеграція рослин може бути охарактеризована засобами факторного аналізу (аналізу головних компонент) та є дуже чутливою до впливу екологічних чинників, у тому числі й засобів передпосівної обробки насіння. Це дозволило виділити рівень інтеграції та інтеграційну структуру рослин.

2. Для переважної більшості досліджених варіантів внутрішня структура координаційних зв'язків морфо-функціональних ознак ехінацеї білої описується розміром

рослин; кількістю осьових модулів, з яких вона складається; фотосинтетичним і репродуктивним потенціалом.

3. Рівень інтеграції ехінацеї білої є практично інваріантним за умов застосування різних способів передпосівної обробки насіння. Лабільність інтеграційної структури слугує механізмом досягнення морфо-функціональної стійкості організмової системи за умов впливу зовнішніх екологічних чинників.

4. Зовнішні впливи, зокрема обробка насіння стимуляторами, можуть спричинити незначні перебудови в інтеграційній структурі. Обробка гуматом не змінює характеру

кореляції головних компонент та маніфестних змінних. Найбільш складна трансформація спостерігається під час застосування наноміксу та суміші наноміксу з гуматом.

Бібліографія

1. Жуков А.В. Можливості географічно зваженого методу головних компонент для аналізу просторової нестационарності взаємозв'язку морфометричних характеристик кукурудзи (*Zea mays* L.) / О.В. Жуков, К.В. Андрусевич // Чорноморський ботанічний журнал. – 2015. – Т. 11(3). – С. 257–266.

2. Жуков А.В. Оценка пространственной зависимости морфометрических характеристик кукурузы (*Zea mays* L.) от эдафических свойств / А.В. Жуков, К.В. Андрусевич // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 3–4. – С. 24–41.

3. Жуков А.В. Оценка методами геометрической морфометрии морфологической изменчивости листовых пластинок *Betula pendula* Roth в экосистемах с различной степенью антропогенной трансформации / А.В. Жуков, Ю.А. Штириц, С.П. Жуков // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – № 1(11) – С. 128–134.

4. Злобин Ю.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография / Ю.А. Злобин, В.Г. Скляр, А.А. Клименко. – Сумы: Университетская книга, 2017. – 439 с.

5. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці / Ю.А. Злобин, В.Г. Скляр, Л.М. Бондарева, К.С. Кирильчук // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, № 1. – С. 5–22.

6. Прокопенко Е.В. Оценка популяционной структуры пауков *Pardosa lugubris* (Walckenaer, 1802) урбанизированной территории средствами геометрической морфометрии / О.В. Прокопенко, О.В. Жуков // Бюле-

тень моск. общества испытателей природы. – 2011. – Т. 116, вып. 11. – С. 31–40.

7. Тихонова И.В. Сопряженная изменчивость морфологических признаков сосны обыкновенной на юге средней Сибири / И.В. Тихонова, М.А. Шемберг // Лесоведение. – 2004. – № 1. – С. 48–55.

8. Camussi A. Numerical taxonomy of Italian populations of maize based on quantitative traits / A. Camussi // Maydica. – 1979. – Vol. 24. – P. 161–174.

9. Classification of French maize populations based on morphological traits / B. Gouesnard, J. Dallard, A. Panouille, A. Boyat // Agronomie, EDP Sciences. – 1997. – Vol. 17(9–10). – P. 491–498.

10. Cluster and principle component analyses of maize accessions under normal and water stress conditions / S.B.M. Hafiz, F. Jehanzeb, Ejaz-ul-Hasan, B. Tahira, M. Tariq // Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 60, № 1, 2015. – P. 33–48.

11. Llaurodo M. Classification of northern Spanish populations of maize by numerical taxonomy. I. Morphological traits / M. Llaurodo, J. Moreno-Gonzalez // Maydica. – 1993. – Vol. 38. – P. 15–21.

12. Melchiorre P. Phenetic relationships among different races of maize (*Zea mays* sss mays) from Salta (Argentina) / P. Melchiorre // Maydica. – 1992. – Vol. 37. – P. 329–338.

13. Ordas A. Relationships among American and Spanish populations of maize / A. Ordas, R.A. Malvar, A.M. De Ron // Euphytica. – 1994. – Vol. 79. – P. 149–161.

Рецензент – доктор біологічних наук,
професор О.В. Жуков