

УДК 633.88
© 2017

Є.В. ГРИГОРИШИН,
здобувач

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

ЕФЕКТИ
ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ
НАСІННЯ ЕХІНАЦЕЇ БЛІДОЇ
НА МОРФОМЕТРИЧНІ
ПОКАЗНИКИ

Встановлено закономірності варіювання морфометричних ознак рослин ехінацеї блідої, вирощених з насіння, яке зазнало обробки екологічно безпечними стимуляторами росту. Доведено, що передпосівна обробка насіння проявляється у відмінностях морфометричних ознак, які визначають урожайність цієї культури. Визначено, що найбільший стимулювальний ефект на висоту та масу стебел, масу листків має попередня обробка насіння наноміксом або УВЧ-опроміненням. Кількість стебел не залежить від способів передпосівної обробки насіння. Характер впливу стимуляторів на висоту стебел, масу та кількість листків подібний між роками, а вплив на масу стебел має річні особливості. Вплив гумату або суміші гумату та наноміксу може не проявляти себе в морфометричних показниках рослин або навіть їх пригнічувати.

Ключові слова: ехінацея бліда, стимулятори, наномікс, морфометрія, передпосівна обробка.

Важливою галуззю аграрного сектору України є лікарське рослинництво. Серед багатьох культур види та сорти роду ехінацея займають чільне місце, а їх сировина використовується в медицині, аграрному виробництві та харчовій промисловості [9]. В останні роки за культивування в польових умовах пріоритет має *E. purpurea*. У той час як частка *E. angustifolia* серед препаратів на основі ехінацей постійно знижувалася, ринкова ціна коріння *E. angustifolia* стала майже утричі вищою, ніж *E. purpurea* [16]. Труднощі під час вирощування *E. angustifolia*, які пов'язані з порівняно уповільненим зростанням та вимогливістю до ґрунтових умов [14], негативно відбиваються на ціновій різниці, на врожаєх *E. pallida*, порівняно з *E. angustifolia* або *E. purpurea*, не так поширена для приготування дієтичних добавок, хоча дослідження *E. pallida* підтверджують наявність її потенціальних медичних властивостей щодо протиракових [12, 14], противірусних [18], протизапалювальних [16] та прискорення за-

гоювання ран [17]. Для *E. pallida* характерні також значна глибина спокою насіння та впливи, які є ефективними для припинення спокою і *E. angustifolia*, і *E. pallida* [15, 17].

До суттєвих факторів, які обмежують культивування *E. angustifolia* та *E. pallida*, належить глибокий стан спокою насіння, який потребує складних процедур для стимулювання проростання [13]. Невивченою залишається проблема впливу екологічно безпечних стимуляторів росту насіння на динаміку онтогенезу *E. pallida*. Висота рослин, як і їх облистяність та загальна площа листової поверхні, є важливими морфологічними ознаками при вирощуванні сільськогосподарських культур [10]. Вона залежить від особливостей сорту, рівня вологозабезпеченості, фону мінерального живлення, температури повітря та інших факторів зовнішнього середовища. Аналіз висоти стебла дає можливість з'ясувати найбільш оптимальні умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів [1]. Висота рослин у період збирання

свідчить не тільки про вплив погодних умов, але і деякою мірою відображає рівень агротехніки обробки посівів [8]. При застосуванні морфометричного підходу будь-яка ознака у її кількісному вираженні виступає як параметр, а рослина в цілому або її окремі частини характеризуються набором таких параметрів [2–5]. Морфометричні параметри підрозділяються на дві групи: меристичні – рахункові, з одиницею виміру *штука*, і метричні – вимірюються одиницями маси, довжини, поверхні, обсягу й ін. У деяких випадках до них додаються ознаки, що характеризують просторове положення рослини або його частин [6].

Встановлення набору морфометричних параметрів визначається найбільш відповідальним і критичним етапом будь-якого ботанічного дослідження в галузі морфометрії [6]. Цей набір повинен відповідати життєвій формі рослини й включати найбільш важливі ознаки, які визначають її структуру і функціонування. За типом життєвої форми *E. pallida* відноситься до трав'янистих полікарпиків, гемікриптофітів з вегетаційним періодом 220–240 днів [7]. Природний ареал – південно-східна частина Північної Америки в помірній і субтропічній зонах [11].

Мета нашої роботи полягала у вивченні особливостей морфометричних ознак рослин ехінацеї білої, вирощених з насіння, яке зазнало обробки екологічно безпечними стимуляторами росту.

Методи дослідження. У 2012, 2014 та 2015 роках було відібране насіння ехінацеї білої *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt сорту Красуня прерій врожаю 2011, 2013 та 2014 років відповідно. Для аналізу показників продуктивності рослин ехінацеї білої взяті рослини першого року вегетації.

Роботи проводили на промислових плантаціях ехінацеї білої в умовах Полтавської області. Ґрунти представлені чорноземами вилугуваними середнього гранулометричного складу з умістом гумусу 2,45–2,84 %, рН водним 6,4. Попередником була пшениця озима. Насіння висівали сівалкою ССТ-12Б з нормою висіву 8–10 кг/га. Ширина міжряддя – 45 см. Під час вегетації проводили міжрядний обробіток ґрунту, підживлення рослин та ручні прополки.

Для польових досліджень після порівняння в лабораторних умовах були взяті такі варіанти: контроль – сухе насіння; обробка насіння ехінацеї білої електромагнітним полем УВЧ-діапазону (УВЧ-опромінення); замочування насіння у 0,001%-вому розчині гумату натрію (гумат); замочування насіння в суміші 0,001%-вого розчину гумату натрію та 1%-вого розчину хелатного комплексного добрива “Наномікс” (гумат+наномікс); замочування насіння у 1%-вому розчині хелатного комплексного добрива “Наномікс” (наномікс).

Обробка хімічними речовинами природного походження проводилась методом замочування насіння у водному розчині препаратів. Для обробки насіння УВЧ-випромінюванням використовували апарат УВЧ 60-Мед ТеКо, що використовує частоту 27,17 МГц, має вихідну потужність до 60 Вт, дозволена для використання МОЗ України. Розмір однієї партії опроміненого насіння – 3 г. Для опромінення до УВЧ-генератора приєднували пластини діаметром 0,12 м. Відстань між пластинами становила 0,05 м. Після опромінення з партії відбирали необхідну для дослідів кількість насінин.

Статистичний аналіз виконано за допомогою програми Statistica 10.0.

Результати дослідження та їх обговорення. Важливим маркером продукційного процесу є висота стебел. Гістограма розподілу цього показника має чітко бімодальний розподіл (рис. 1).

Модель суміші двох гаусових розподілів добре описує дані по висоті стебел ехінацеї білої (статистика Колмогорова-Смірнова $d = 0,05$; $p = 0,23$). Менша компонента суміші характеризується середнім значенням $37,83 \pm 6,68$ см та становить 21,99 % від об'єму вибірки, більша компонента – $97,91 \pm 12,84$ см (78,01 %).

У рамках загальної лінійної моделі варіабельність між роками та вплив передпосівної обробки насіння визначають 55 % варіювання висоти стебел ехінацеї білої протягом періоду досліджень ($R^2 = 0,55$; $F = 38,51$; $p = 0,00$). Міжрічні особливості та спосіб обробки насіння є статистично вірогідними предикторами. Взаємозв'язок між згаданими показниками не є статистично вірогідним

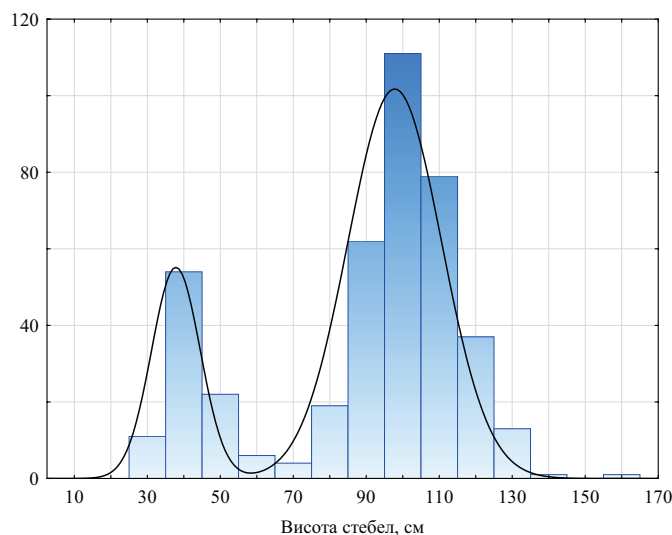


Рис. 1. Гістограма розподілу значень висоти стебел ехінацеї

предиктором, що свідчить про сталість характеру реагування висоти стебел на попередню обробку насіння між роками.

У контролі висота стебел дорівнювала $80,94 \pm 2,05$ см (рис. 2). Найбільший стимулювальний ефект на висоту стебел проявляла попередня обробка насіння наноміксом. У цьому випадку висота стебел ехінацеї білої сягала $90,48 \pm 2,01$ см. Дещо менший стимулювальний ефект мало УФЧ-опромінення насіння – $87,77 \pm 1,99$ см. Гумат та суміш гумату й наноміксу поступалися за ефективністю впливу на висоту стебел – $82,88 \pm 2,01$ та $83,85 \pm 1,99$ см відповідно. Найвищими

стеблами зафіксовані у 2013 р., а найнижчими – у 2015 р. Характер впливу стимуляторів на висоту стебел подібний між роками, але, відзначимо, в 2016 р. ефективність впливу була найменшою.

Кількість стебел ехінацеї білої варіює в межах від 1 до 8 з медіанним значенням, яке дорівнює 1. Розподіл кількості стебел певною мірою відхиляється від біноміального розподілу за рахунок переважання рослин з кількістю стебел 1 або 2 та зменшеної частки порівняно з випадковою альтернативою рослин із 3 або більшою кількістю стебел (рис. 3). Кількість стебел є певною мірою

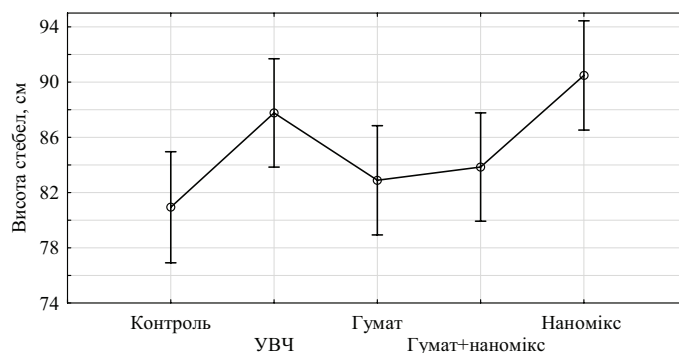


Рис. 2. Варіювання висоти стебел ехінацеї білої залежно від року збирання врожаю та типу передпосівної обробки насіння: ось абсцис – способи передпосівної обробки насіння, ось ординат – значення висоти стебел, обумовлені впливом передпосівної обробки

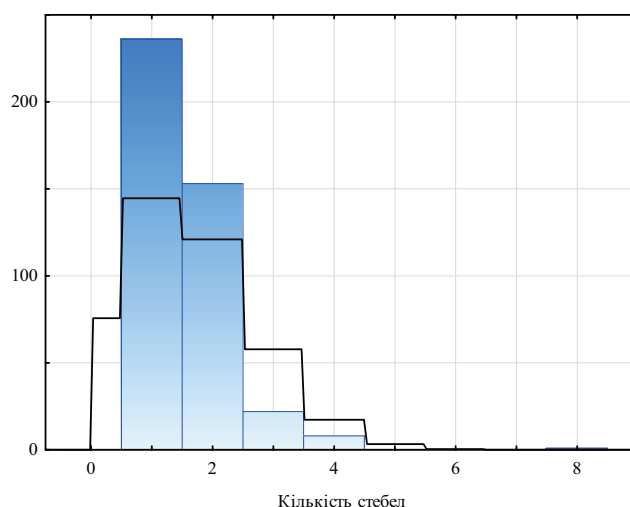


Рис. 3. Гістограма розподілу кількості стебел. Лінія вказує на гіпотетичний біноміальний розподіл

інваріантним показником у тому сенсі, що тільки 7 % його варіювання може бути з'ясованим за допомогою таких предикторів, як рік та спосіб передпосівної обробки насіння: $R^2 = 0,07$; $F = 3,41$; $p = 0,00$. Цей висновок підтверджується тією обставиною, що статистично вірогідними предикторами кількості стебел є рік та константа, яка дорівнює $1,52 \pm 0,04$ шт.

Нами встановлені статистично вірогідні міжрічні рівні кількості стебел (рис. 4).

Найбільша кількість стебел ехінацеї блідої була характерна для врожаю 2013 р. ($1,73 \pm 0,06$ шт.). У 2015 р. цей показник зни-

звився до рівня $1,62 \pm 0,06$ шт. Найменша кількість стебел зафіксована для врожаю 2016 р. ($1,21 \pm 0,07$ шт.). Передпосівна обробка насіння не мала ефекту на кількість стебел ехінацеї блідої під час збирання врожаю.

Маса стебел ехінацеї блідою у цей період варіювала в діапазоні від 2,46 до 31,33 г зі середнім значенням $14,91 \pm 0,26$ г. Маса стебел корелює з їх висотою ($r = 0,34$; $p = 0,00$) та кількістю ($r = 0,33$; $p = 0,00$). Розподіл маси стебел добре описується нормальним законом. Тип обробки насіння перед сівбою та міжрічні особливості здатні пояснити 53 % варіювання маси стебел ($R^2 = 0,53$; $F = 34,83$;

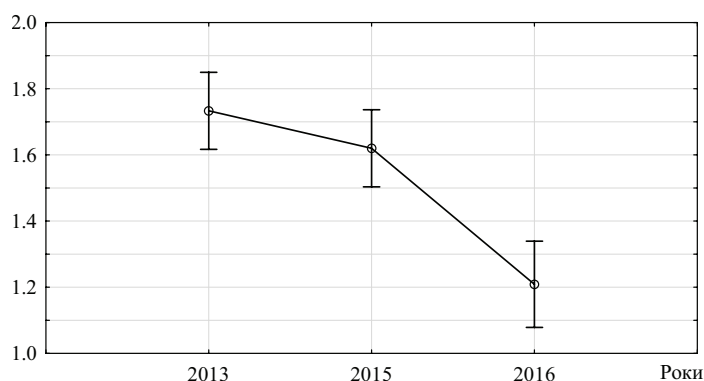


Рис. 4. Варіювання кількості стебел залежно від року збирання врожаю та типу передпосівної обробки насіння

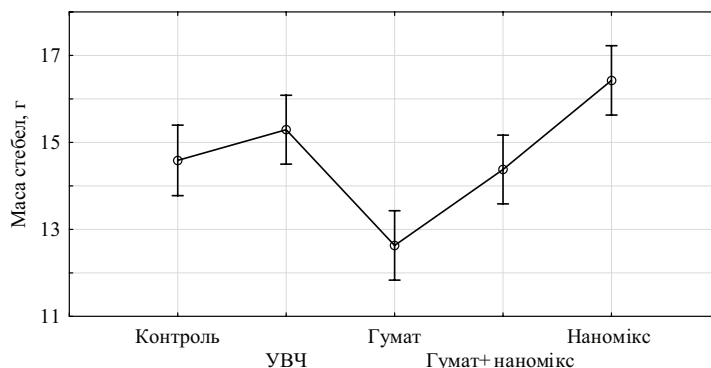


Рис. 5. Варіювання маси стебел
залежно від року збирання врожаю та типу передпосівної обробки насіння

$p = 0,00$). Статистично вірогідними були всі предиктори, а також їх взаємозв'язок. У контролі маса стебел дорівнювала $14,58 \pm 0,41$ г. Несуттєво від контролю відрізнялися рослини після попередньої обробки насіння УВЧ-опроміненням та сумішшю гумату й наноміксу ($15,29 \pm 0,40$ та $14,37 \pm 0,40$ г відповідно). Найбільше значення маси стебел встановлено для рослин, які вирощені з насіння, попередньо обробленого наноміксом ($16,42 \pm 0,41$ г) – рис. 5. Попередня обробка насіння гуматом мала своїм ефектом зменшення маси стебел, які в даному випадку важили $12,63 \pm 0,41$ г.

Характер впливу передпосівної обробки насіння на варіювання маси стебел мав річну специфічність. Так, найбільш виражений вплив обробок встановлено для 2013 року, коли загальний рівень маси стебел був найбільшим. Зменшення загального рівня маси стебел пов'язано зі зменшенням впливу обробок на цей показник. Згладжений характер ефекту зареєстровано для 2016 р. та вирівняний – для 2015 р.

Маса листків ехінацеї білої під час збирання врожаю варіює в межах від 0,60 до 30,74 г зі середнім значенням $8,79 \pm 0,22$ г. Аналіз гістограми розподілу свідчить про те,

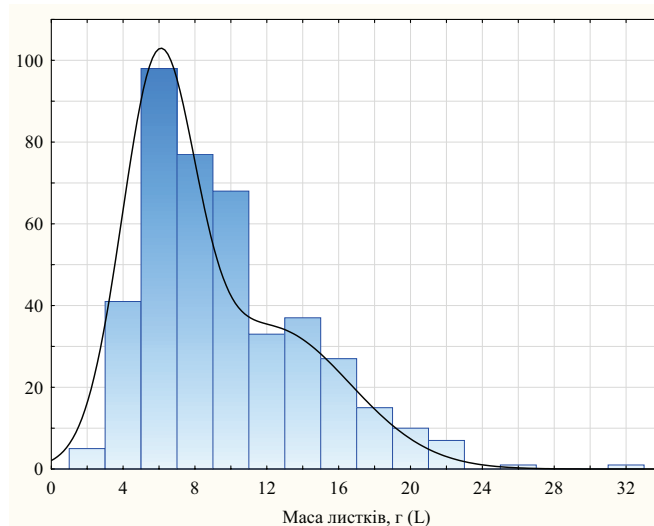
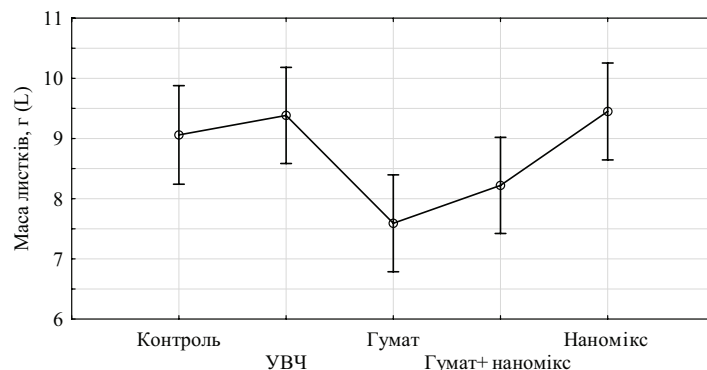


Рис. 6. Гістограма розподілу маси листків.
Лінія вказує на гіпотетичну суміш двох гаусових розподілів

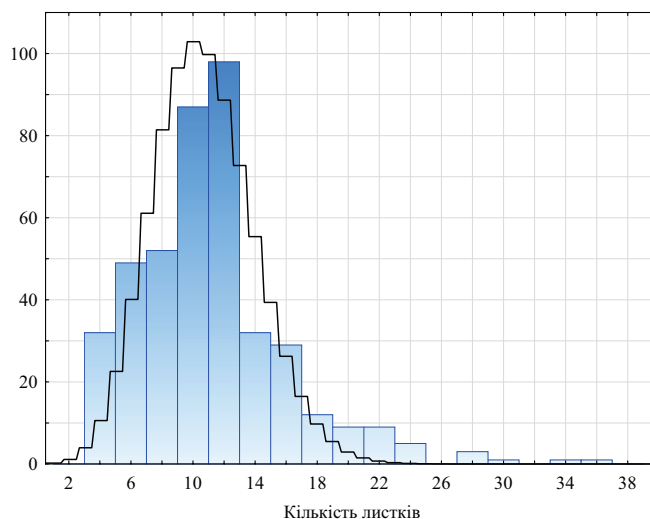


**Рис. 7. Варіювання маси листків
залежно від року збирання врожаю та типу передпосівної обробки насіння**

що листки формують суміш декількох нормальних розподілів (рис. 6). Суміш із трьох розподілів добре описувала експериментальну гістограму (статистика Колмогорова-Смірнова: $d = 0,02$; $p = 0,99$). Перша компонента становила 34,05 % вибірки і характеризувалася середнім значенням $4,85 \pm 1,45$ г; друга компонента – відповідно 21,59 % та $7,82 \pm 1,48$ г; третя компонента – 44,36 % та $12,28 \pm 4,48$ г.

Маса листків корелювала з висотою стебел ($r = 0,61$; $p = 0,00$), їх кількістю ($r = 0,39$; $p = 0,00$), масою стебел ($r = 0,67$; $p = 0,00$) та кількістю листків ($r = 0,75$; $p = 0,00$).

Загальна лінійна модель впливу року та типу обробки насіння здатна пояснити 34 % варіювання маси листків на момент збирання врожаю ($R^2 = 0,34$; $F = 16,40$; $p = 0,00$). Статистично вірогідними предикторами були рік та тип обробки, а їх взаємозв'язок не був вірогідним предиктором. Це свідчить про те, що характер впливу передпосівної обробки насіння на масу листків є інваріантним і повторюється щороку. У контролі маса листків становила $9,06 \pm 0,42$ г, найбільший стимулювальний ефект зафіксований для наноміксу ($9,45 \pm 0,41$ г) та УВЧ-опромінення ($9,38 \pm 0,41$ г) – рис. 7.



**Рис. 8. Гістограма розподілу кількості листків.
Лінія вказує на гіпотетичний розподіл Пуассона**

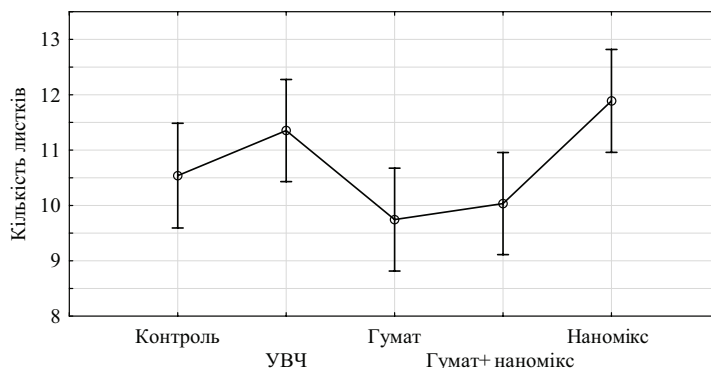


Рис. 9. Варіювання кількості листків
залежно від року збирання врожаю та типу передпосівної обробки насіння

Застосування гумату та суміші гумату й наноміксу зменшує масу листків до $7,59 \pm 0,41$ та $8,22 \pm 0,41$ г відповідно. Найбільша маса листків встановлена для врожаю 2013 р., а найменша – для 2015 р. Наголосимо, що в цілому міжрічні особливості впливу стимуляторів не виявилися значними. Для 2013 р. визначено стимулювальний вплив суміші гумату і наноміксу, тоді як в інші роки такого ефекту не було.

Кількість листків на рослинах ехінацеї білої під час збирання врожаю варіювала в межах від 3 до 36 (медіанне значення – 10, середнє арифметичне – $10,66 \pm 0,24$). Розподіл кількості листків дещо відрізняється від теоретичного розподілу Пуассона за рахунок зсуву в бік більш великих значень цього показника (рис. 8).

Загальна лінійна модель впливу року та типу обробки насіння на кількість листків у період збирання врожаю здатна пояснити 22 % варіювання цієї ознаки ($R^2 = 0,22$; $F = 9,81$; $p = 0,00$). Встановлено, що статистично вірогідними предикторами є рік та спосіб попередньої обробки насіння.

У контрольних умовах кількість листків становить $10,54 \pm 0,48$. Найбільший стимулю-

вальний вплив за цим показником здійснює обробка насіння наноміксом (рис. 9). У рослин з такою обробкою насіння під час збирання врожаю зафіксована наявність $11,88 \pm 0,47$ листка, дещо менша результативність застосування УФЧ-опромінення – $11,35 \pm 0,47$ листка. Відзначимо, що відмінності між цими способами обробки статистично вірогідно не розрізняються (тест Манна-Уїтні $Z = 0,84$; $p = 0,40$). Застосування суміші гумату з наноміксом та гумату окремо не мають статистично вірогідного ефекту порівняно з контролем ($Z = 0,56$; $p = 0,57$; $Z = 1,07$; $p = 0,28$ відповідно).

Між роками спостерігаються статистично вірогідні відмінності в кількості листків на рослинах ехінацеї білої під час збирання врожаю. У 2013 р. кількість листків була найбільшою ($13,01 \pm 0,35$), а в 2015 р. – найменшою ($7,72 \pm 0,35$). У 2016 р. цей показник мав проміжне значення ($11,40 \pm 0,39$).

Тренди впливу стимуляторів росту на кількість листків між роками майже не змінні, що підтверджує відсутність статистичної вірогідності предиктора Рік \times Тип обробки.

Висновки

1. Передпосівна обробка насіння впливає на ріст та розвиток рослин ехінацеї білої, що проявляється у відмінностях морфометричних ознак, які характеризують урожайність цієї культури. Такі дискретні предиктори, як спосіб обробки, міжрічні осо-

бливості та їх взаємодія здатні статистично вірогідно пояснити 55, 7, 53, 22 та 34 % варіювання висоти рослин, кількості та маси стебел, кількості та маси листків відповідно.

2. Найбільший стимулювальний ефект на висоту та масу стебел, масу листків має

попередня обробка насіння наноміксом або УВЧ-опроміненням. Кількість стебел не залежить від способів передпосівної обробки насіння.

3. Характер впливу стимуляторів на висоту стебел, масу та кількість листків по-

дібний між роками, а вплив на масу стебел має річні особливості.

4. Вплив гумату або суміші гумату з наноміксом може не проявляти себе в морфометричних показниках рослин або навіть їх пригнічувати.

Бібліографія

1. Варава В.Н. Повышаем урожайность проса, совершенствуя приемы агротехники / В.Н. Варава, А.С. Берестова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2007. – № 4. – С. 41–44.
2. Жуков А.В. Оценка пространственной зависимости морфометрических характеристик кукурузы (*Zea mays* L.) от эдафических свойств / А.В. Жуков, К.В. Андруевич // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 3–4. – С. 24–41.
3. Жуков А.В. Возможности географично зваженого методу головних компонент для аналізу просторової нестационарності взаємозв'язку морфометричних характеристик кукурудзи (*Zea mays* L.) / О.В. Жуков, К.В. Андруевич // Чорноморський ботанічний журнал. – 2015. – Т. 11(3). – С. 257–266.
4. 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. Штирц, С.П. Жуков // Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – № 1(11) – С. 128–134.
5. Жуков О.В. Моделирование просторового варіювання філогенетичного різноманіття рослинного покриву за допомогою даних дистанційного зондування Землі / О.В. Жуков, С.Д. Ганжа, Ю.Ю. Дубініна // Ukrainian Journal of Ecology. – 2017. – 7(2). – Р. 37–54. doi: 10.15421/201707
6. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці // Ю.А. Злобін, В.Г. Скляр, Л.М. Бондарева, К.С. Кирильчук // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, № 1. – С. 5–22.
7. Меньшова В.М. Морфологічні особливості листків представників роду *Echinacea* Moench при інтродукції / В.М. Меньшова, Ю.Я. Натуркач // Modern Phytomorphology. – 2015. – 8. – Р. 145–147.
8. Просвирина А.Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса / А.Г. Просвирина. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 31–37.
9. Самородов В.Н. Эхинацея в Украине: полувековой опыт интродукции и возделывания / В.Н. Самородов, С.В. Поспелов. – Полтава: Верстка, 1999. – 52 с.
10. Шевель В.І. Формування продуктивності зерна сортів проса залежно від строків сівби і фонів живлення в умовах півдня України: дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 – Рослинництво / В.І. Шевель. – Херсон, 2017. – 199 с.
11. Bauer R. Echinacea. Handbuch für Ärzte, Apotheker und andere Naturwissenschaftler / R. Bauer, H. Wagner. – Stuttgart: Wiss. Verlag Ged. 1990. – 320 p.
12. Cytotoxic effects of *Echinacea* root hexanic extracts on human cancer cell lines / A. Chicca, B. Adinoli, E. Martinotti, S. Fogli // J. Ethnopharmacol. – 2007. – Vol. 110. – P. 148–153.
13. Feghahati S.M.J. Ethylene-, light-, and prechill-enhanced germination of *Echinacea angustifolia* seeds / S.M.J. Feghahati, R.N. Reese // J. Am. Soc. Hortic. Sci. – 1994. – Vol. 119. – P. 853–858.
14. Li T.S.C. Echinacea: Cultivation and medicinal value / T.S.C. Li // HortTechnology. – 1998. – Vol. 8. – P. 122–129.
15. Ethephon promotes germination of *Echinacea angustifolia* and *E. pallida* in darkness / L. Qu, X. Wang, J. Yang, E. Hood // HortScience. – 2004. – Vol. 39. – P. 1101–1103.
16. Qu L. Reduction of Seed Dormancy in *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. by In-dark Seed Selection and Breeding / L. Qu, M.P. Widrlechner // Ind Crops Prod. – 2012. – Vol. 36(1). – P. 88–93.
17. Sari A.O. Ethephon can overcome seed dormancy and improve seed germination in purple cone-flower species *Echinacea angustifolia* and *E. pallida* / A.O. Sari, M.R. Morales, J.E. Simon // HortTechnology. – 2001. – Vol. 11. – P. 202–205.
18. Anti-herpetic properties of hydroalcoholic extracts and pressed juice from *Echinacea pallida* / S. Schneider, J. Reichling, F.C. Stintzing, S. Messerschmidt // Planta Med. – 2010. – Vol. 76. – P. 265–272.