

УДК: 633.88

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОСТУ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ЕХІНАЦЕЇ БЛІДОЇ (*ECHINACEA PALLIDA* (NUTT.) NUTT.) ПРЕГЕНЕРАТИВНОГО ПЕРІОДУ ОНТОГЕНЕЗУ

Є. В. Григоришин, С. В. Поспелов, О. Ф. Гордєєва

e-mail: yehor.hryhoryshyn@gmail.com

Полтавська державна аграрна академія,
Сковороди, 3, м. Полтава, 36000, Україна

У статті представлено моделювання закономірностей ростових процесів найважливіших морфометричних показників ехінацеї блідої у прегенеративному періоді онтогенезу. Моделі розроблені на основі дослідних даних, отриманих у виробничих посівах під час промислового виробництва *Echinacea pallida*. Показано, що динаміка нарощування надземної фітомаси, а також кількість листків *Echinacea pallida*, підкоряється сигмоподібній залежності та добре може бути описана рівнянням Хілла. Розглянуто причини математичної подібності процесів для фітомаси та кількості листків, що свідчить про синхронність процесів накопичення фітомаси та збільшення кількості листків. Динаміку фітомаси ехінацеї протягом року можна представити як композицію двох компонент. Міжсезонна компонента є інваріантною і відбиває загальні закономірності зміни фітомаси, які вказують на особливості існування даного виду в умовах певного екологічного та географічного простору. Специфіка внутрісезонної компоненти полягає у наявності відхилень від загального тренду зміни фітомаси, які пояснені за допомогою індексу форми листків ехінацеї та відхилень спостережуваних температур від загального тренду їх зміни протягом сезону. Показано, що флуктуації температурного режиму є чинником, який впливає на продукційний процес у ехінацеї. Доведено, що флуктуації температурного режиму мають ситуативний характер впливу на ріст рослин. Одержані свідчення того, що інформаційне значення індексу форми листя є результатом пам'яті рослин про процеси, які з нею відбувалися протягом онтогенезу. Морфологічний статус рослини визначає потенціал подальшого розвитку в залежності від кліматичних особливостей у даний момент часу. Динаміка фітомаси визначається флуктуаціями кліматичних факторів у конкретний період та особливістю перебігу ростових процесів у попередні етапи онтогенезу.

Ключові слова: ехінацея бліда, морфометрія, моделювання, ріст, регресія.

Постановка проблеми

Ріст – інтегральне явище, яке відбиває рівень та співвідношення усіх біохімічних та фізіологічних процесів, які відбуваються в рослині, та, одночасно, зростання є найкращим індикатором рівня життєздатності рослини [1–3, 5, 6]. Зростання у загальному вигляді може бути визначене як збільшення розмірів рослини та (або) його структурних частин [6]. Головним параметром, який характеризує ріст, є розмір фітомаси рослин, висота, а також величина листової поверхні як така, що відображає рівень фотосинтетичного процесу рослин [5].

Широкого застосування набув метод віталітетного аналізу популяції, розроблений Ю. А. Злобіним [6], згідно з яким віталітетна структура популяції встановлюється на основі індивідуальних ознак – життєвості її особин. Віталітетна структура, поряд з віковою й статевою структурою, ефективністю репродукції тощо, належить наразі до головних складових популяційного аналізу [7]. Життєвість (віталітет) популяції – це інтегральна характеристика, яка

відображає сучасний стан популяції на основі найважливіших індивідуальних і групових параметрів структури, росту, розвитку та репродукції [2]. Життєвість представляє фактичну позицію популяції у її реалізованій екологічній ніші й відповідає тій частині норми реакції, яка проявляється за актуальних умов середовища існування у конкретний час [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відмічає С. В. Поспелов [9], у ботанічних колекціях, селекційних програмах, інтродукційних дослідженнях, де кількість оглянутих рослин обмежена, нерідко потрібне системне спостереження за одними і тими ж рослинами в онтогенезі. У цих випадках запропоновані методи оцінки продукційних процесів за допомогою математичних залежностей на основі корелятивних зв'язків між ознаками [10]. Для ехінацеї розробка таких методів з застосуванням регресійного і кореляційного аналізів дозволила одержати моделі залежності параметрів росту від агрокліматичних чинників [9].

Для моделювання ростових процесів слід враховувати варіювання параметрів форми органів рослини. У *Echinacea* стеблові листки можна розділити на чотири листові формації: верхню, середню, нижню і базальну. Базальна формація формує розетку. Листки нижньої формації коротко-черешкові, прості, яйцеподібноовальні, на верхівці не затуплені, густо опушені жорсткими волосками, пильчастокраї. Листки середньої формації короткочерешкові, опушені жорсткими волосками, ромбоподібної форми, на верхівках загострені. Листки верхньої формації сидячі, мають форму листків середньої формації, опушені волосками, їх верхівки загострені. Базальна формація листків довгочерешкова. Форма – яйцеподібноовальна, з гострою верхівкою, опушені короткими волосками. Краї листків дрібнозубчасті. Жилкування дугове. На листовій пластинці чітко видно три жилки – центральну і дві бокові, які не опушені [8]. Рослини ехінацеї, які вирощувались у Західному Сибіру, характеризувалися довжиною прикореневого листка $12,2 \pm 1,6$ – $14,8 \pm 1,3$ см та шириною $5,6 \pm 0,7$ – $8,8 \pm 0,8$ см, у той час як ці параметри для верхнього найменшого листка становили $6,5 \pm 1,4$ – $9 \pm 1,3$ та $2,5 \pm 0,5$ та $4 \pm 0,6$ см відповідно [4]. Таким чином, листя верхньої формації мають менші розміри, але більш видовжену форму.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета дослідження полягає у моделюванні закономірностей ростових процесів найважливіших морфометричних показників ехінацеї блідої у прегенеративному періоді онтогенезу.

Завдання дослідження: 1) встановити аналітичний характер залежності, за допомогою якої можна описати динаміку ростових процесів морфометричних показників; 2) встановити значення зміни форми листових пластинок для періодизації онтогенезу ехінацеї блідої; 3) виявити структурні компоненти динаміки фітомаси ехінацеї; 4) оцінити значення маркерів теплового режиму для динаміки ростових процесів ехінацеї; 5) оцінити інформаційне значення індексу форми листя.

Дослідження проводили у промислових плантаціях ехінацеї блідої *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. сорту Красуня Прерій у 2013 та 2014 рр. Ґрунти представлені чорноземами

вилугуваними середнього механічного складу з вмістом 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, підкормки та ручні прополки. Протягом онтогенезу відбирали по 25 рослин, яких піддавали морфометричним дослідженням та зважували для оцінки ваги надземної та підземної фітомаси. Вимірювали довжину та ширину листових пластинок та кількість листків. У 2013 р. проби відібрано 13 червня, 13 липня, 13 серпня та 13 вересня, а в 2014 р. – 14 червня, 14 липня, 14 серпня, 14 вересня. Обліковували кількість листків на рослині. Рослини зважували на аналітичних вагах для оцінки маси надземної фітомаси. Розраховували суму активних температур вище 5°C та кількість днів після посіву.

На основі даних по довжині (L , см) та ширині (W , см) листків обраховували алометричний індекс форми листків:

$$\text{Індекс форми} = \frac{\log L}{\log W}$$

Залежність морфометричних показників (Par) від часу описана за допомогою сигмоподібної кривої Хілла [11]:

$$Par = \frac{T^n}{K + T^n}$$

де T – час, K та n – параметри моделі.

В оригінальній моделі K – «константа дисоціації», яку в контексті моделювання змін морфологічних параметрів можна розглядати як показник швидкості росту показника у часі. Параметр n в оригінальній моделі – коефіцієнт Хілла, який описує кооперативність, або є параметром форми залежності, який відображає ступінь «сигмоподібності» залежності. У випадку $n = 1$ залежність може бути описана рівнянням Міхаеліса-Метен.

Результати досліджень

Залежність фітомаси від часу добре підкоряється сигмоподібній залежності (рис. 1), яку можна описати рівнянням Хілла:

$$\text{Фітомаса} = 100 \cdot \text{Час}^{7,05 \pm 0,76} / (\text{Час}^{7,05 \pm 0,76} + 0,11 \pm 0,03)$$

Сигмоподібний характер динаміки ростових процесів у часі свідчить про те, що швидкість ростових параметрів не є монотонним

параметром і сама змінюється у часі. Тому показники, які зазвичай застосовуються для характеристики швидкості росту морфометричних показників (абсолютна або відносна швидкість), не можуть повністю відбивати характер ростових процесів протягом онтогенезу, так як самі є функціями часу. Вони можуть відбивати швидкісні характеристики процесів у обмежені етапи онтогенезу, коли динаміка процесів може бути лінійною.

Залежність Хілла аналітично відбиває типовий хід зміни фітомаси в онтогенезі. Ця модель може розглядатися як така, що відбиває

принцип зміни фітомаси, типовий для даного виду, який можна розглядати як особливість, інформація про яку знаходиться в апараті спадковості.

Відхилення від типового тренду варіювання фітомаси слід розглядати як результат впливу зовнішніх факторів. Тому у подальшому аналізі нами розглянути відхилення (залишки) спостережуваних значень фітомаси від прогнозованих відповідно до моделі. У якості предикторів нами розглянуто показник форми листків та маркер температурного режиму.

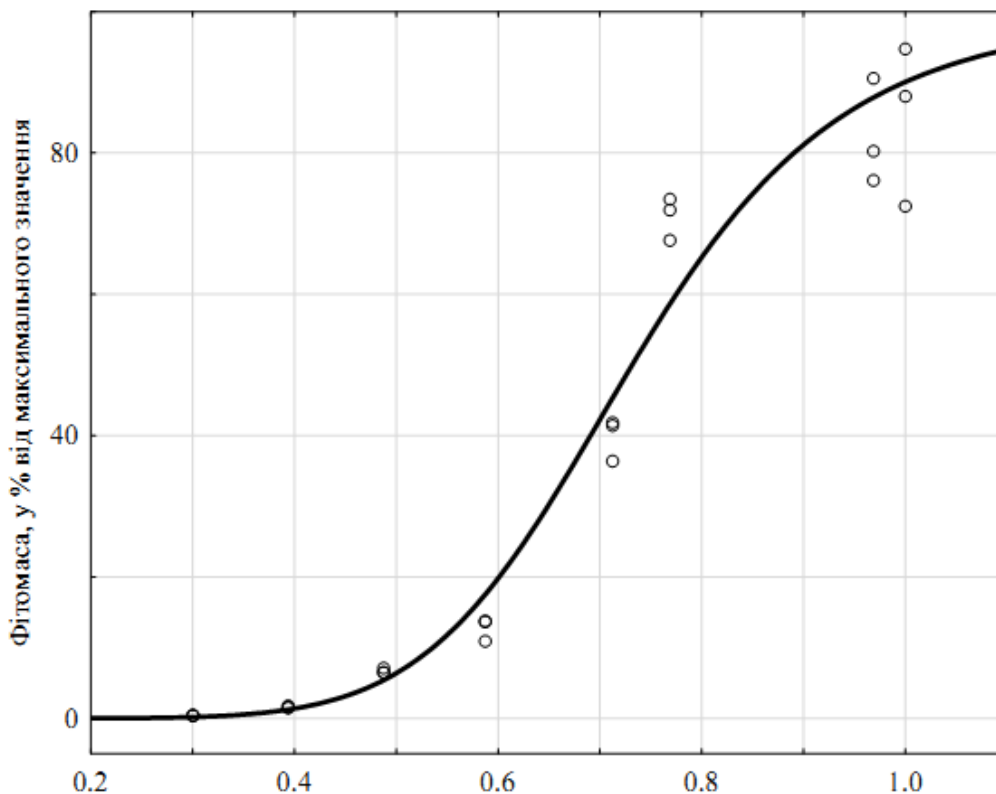


Рис. 1. Динаміка накопичення фітомаси однією рослиною у залежності від часу з моменту посіву (вісь абсцис – час від посіву, нормований до 1 від максимального значення), 2013–2014 рр.

Кількість листків на рослині також може бути описана сигмоподібною кривою. Аналітично залежність має вигляд:

$$\text{Кількість листків} = 24,50 * \text{Час}^{6,21 \pm 0,77} / (\text{Час}^{6,21 \pm 0,77} + 0,11 \pm 0,03).$$

Рівняння для фітомаси та кількості листків дуже подібні, що свідчить про синхронність процесів накопичення фітомаси та збільшення кількості листків. Це також підтверджується

високим та статистично вірогідним коефіцієнтом кореляції ($r = 0,98, p = 0,00$).

Між індексом форми та кількістю листків існує складний та нелінійний зв'язок (рис. 2). При малій кількості листків на початку вегетації рослини індекс форми має помірно велике значення, що свідчить про більш видовжену форму листа. Збільшення їх кількості до 16–17 супроводжується зменшенням індексу форми. За подальшого збільшення кількості листків індекс форми збільшується.

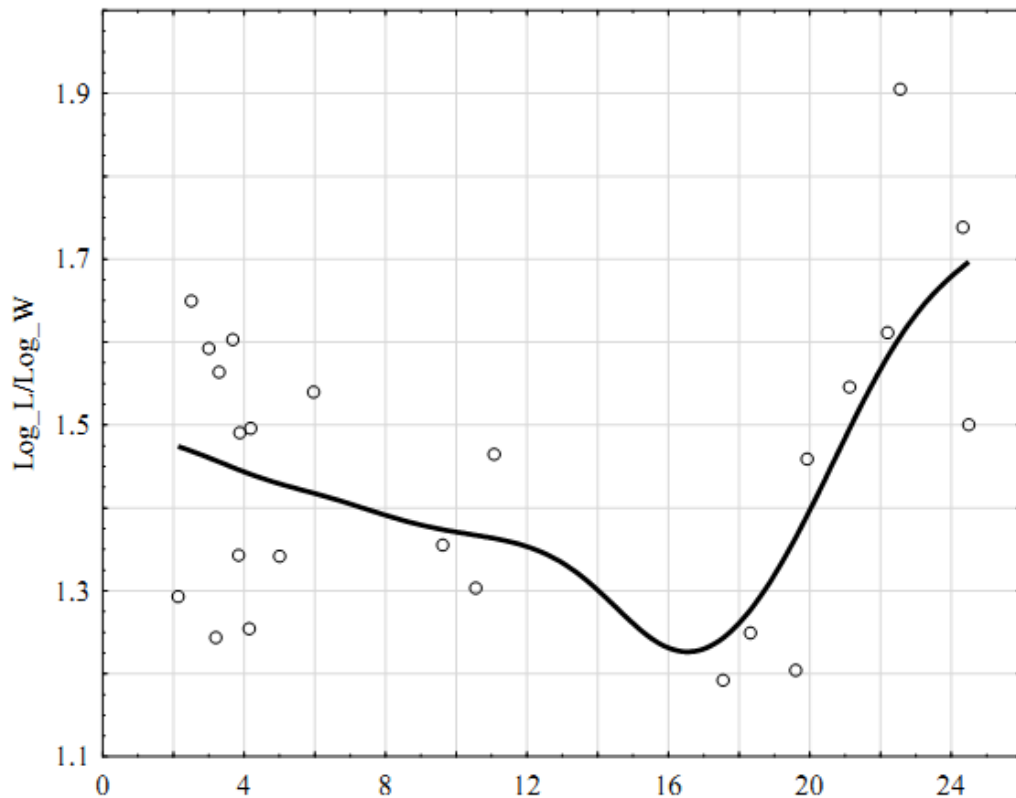


Рис. 2. Залежність індексу форми листків від їх кількості, 2013–2014 рр.

Збільшення кількості листків протягом часу пояснює спостережувану залежність між формою листків та часом вегетації (рис. 3). Період росту рослини можна розподілити на два періоди. У перший період, який триває перші 120 діб вегетації, відбувається поступове зменшення індексу форми, що відповідає зменшенню видовженості листків. У другий період, який триває до закінчення вегетації, видовженість листків зростає та набуває найбільшого значення у кінці вегетації.

Між сумою ефективних температур та часом є значний позитивний зв'язок ($r = 0,99$, $p = 0,00$), який можна описати рівнянням:

$$\text{Сума температур} = -382,99 + 15,93 * \text{Час}, R^2 = 0,98.$$

Високий рівень варіації суми ефективних температур, які пояснює регресія, є легко зрозумілим, так як сам цей показник зі зростаючим підсумком складає температури попереднього періоду з температурою кожного наступного дня.

Для математичного описання динаміки фітомаси цінність мають відомості про відхилення спостережуваних температур від загального тренду. Такі відхилення, або залишки регресійної моделі, крім більшої математичної коректності як предиктори (значення не повинні бути скорельованими між собою, чому не відповідає сума ефективних температур) є також більш екологічно змістовними. Якщо сума ефективних температур відбиває збільшення підсумку температур протягом вегетації, що є досить інваріантним показником, то відхилення від цього тренду вказують на кліматичні особливості цього року, які можуть пояснити відхилення ходу накопичення фітомаси, що спостерігаються протягом конкретного сезону. Крім того, у силу того, що лінійна компонента залишає у собі автокорельований тренд, то залишки є менш скорельованими (або зовсім не скорельованими), що є передумовою застосування такої змінної в регресійному аналізі.

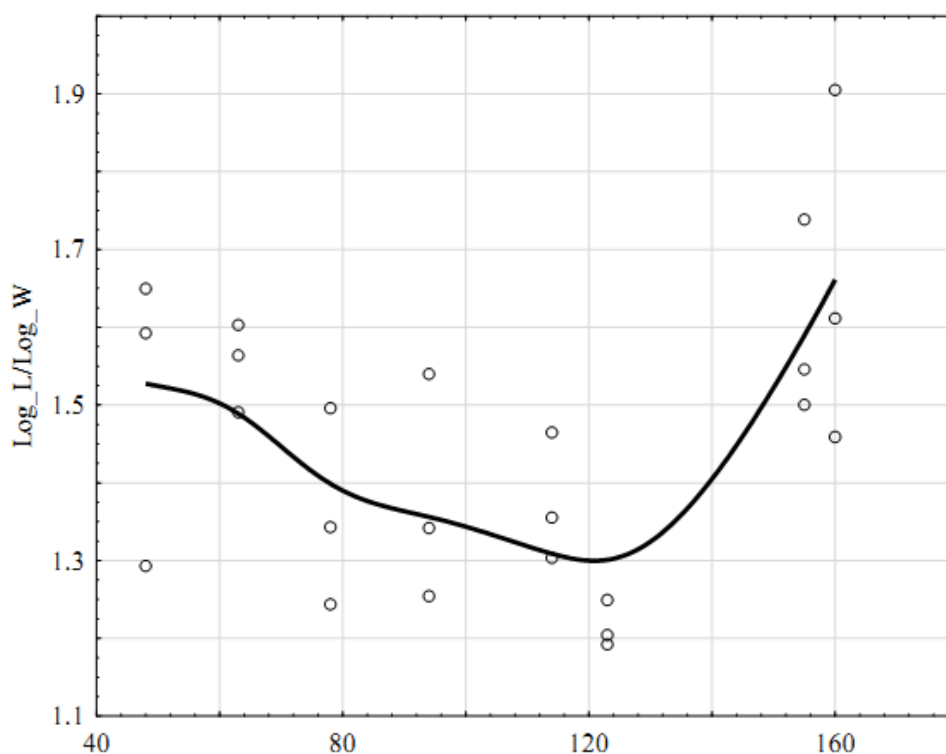


Рис. 3. Залежність індексу форми листків від часу після посіву, 2013–2014 рр.

Таким чином, ми висуваємо гіпотезу, відповідно до якої, динаміку фітомаси ехінацеї протягом року можна представити як композицію двох компонент. Такий підхід дозволяє представити міжсезону компоненту як інваріантну яка відбиває загальні закономірності зміни фітомаси протягом сезону, що є особливістю існування даного виду в умовах певного екологічного та географічного простору. Специфіка кожного сезону проявляє себе через наявність відхилень від загального тренду зміни

фітомаси, які, вірогідно, можна пояснити за допомогою зміни форми листків ехінацеї та відхилень спостережуваних температур від загального тренду їх зміни протягом сезону.

Ця гіпотеза перевірена за допомогою множинного регресійного аналізу, результати якого наведені у таблиці 1. Нами встановлено, що 65 % варіювання відхилень фітомаси від загального тренду може бути пояснено за допомогою індексу форми листків та температурними флуктуаціями.

Таблиця 1. Регресійний аналіз залежності залишків варіювання фітомаси від індексу форми та залишків тренду ходу ефективних температур ($R^2 = 0,65$), 2013–2014 рр.

Предиктори	Коефіцієнти		$t(21)$	p -рівень
	стандартизовані	натуральні		
Константа	–	22,25±8,79	2,53	0,02
Log_L/Log_W	–0,40±0,15	–16,19±6,02	–2,69	0,01
Temp_res	0,53±0,15	0,05±0,01	3,60	0,00

Умовні позначки: Log_L/Log_W – індекс форми; Temp_res – залишки тренду ходу ефективних температур.

Внесок цих двох предикторів у результативність регресійної моделі є співрозмірним, про що свідчать стандартизовані

регресійні коефіцієнти. Для індексу форми коефіцієнт дорівнює $-0,40 \pm 0,15$, а для флуктуацій температури становить $0,53 \pm 0,15$. Як

свідчать регресійні коефіцієнти та попарні діаграми розсіяння (рис. 4), зі збільшенням індексу форми відхилення фітомаси набувають від'ємних значень. Це вказує на те, що меша надземна фітомаса рослин пов'язана з більш видовженою формою листків ехінацеї. У свою чергу, відхилення у більший бік температурного режиму сприяє збільшенню надземної фітомаси.

Формально, між індексом форми та флуктуаціями температури існує статистично вірогідна кореляційна залежність ($r = -0,48$, $p = 0,02$), але реальний характер між цими показниками значно більш складний (рис. 5) та має очевидний нелінійний характер, що свідчить про те, що як індекс форми, так і флуктуації температури, роблять оригінальний внесок у прогнозування характеру продукційного процесу ехінацеї.

Варіювання температурного режиму з певною мірою ймовірності можуть розглядатися як чинник, що впливає на продукційний процес у ехінацеї. Очевидно, за умов достатнього зволоження забезпечення надходженням додаткового тепла сприяє прискоренню накопиченню надземної фітомаси. Слід відзначити, що мова йде про ті особливості продукційного процесу, які відбуваються на фоні закономірного тренду нарощування фітомаси протягом вегетаційного сезону. Критичні погодні явища, наприклад як посуха 2013 р., роблять неможливим ріст рослин та, відповідно, математичне пояснення явищ у термінах закономірностей. Флуктуації температурного режиму можна розглядати як вплив ситуативних обставин на ріст рослин.

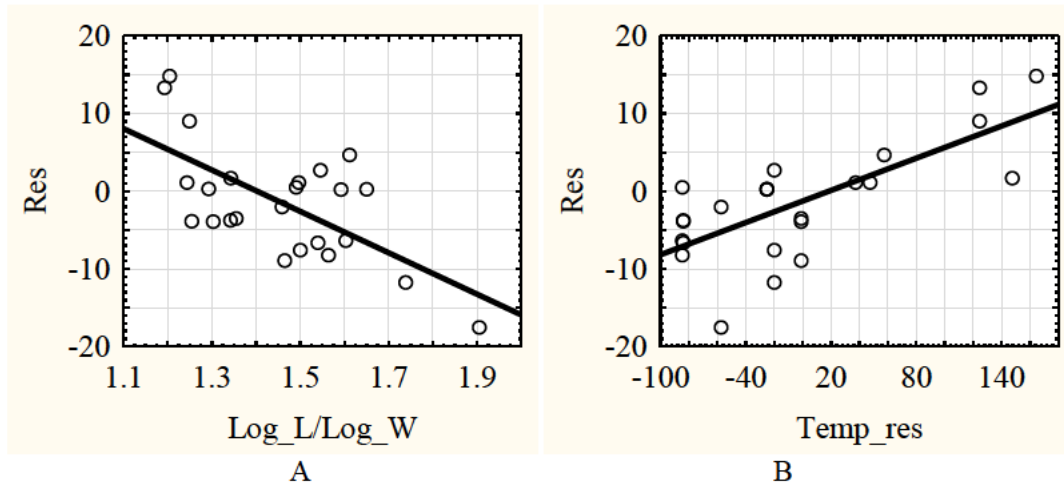


Рис. 4. Залежності залишків варіювання фітомаси від індексу форми (А) та залишків тренду ходу ефективних температур (В), 2013–2014 рр.

Інформаційне значення індексу форми можна розглядати як результат пам'яті рослин про процеси, які з нею відбувалися протягом онтогенезу. Як було встановлено раніше, для першого періоду онтогенезу ехінацеї властиве зменшення індексу форми при збільшенні розмірів рослин. Таким чином, зменшення індексу форми слід розглядати як маркер затримки розвитку рослин, яка є результатом накопичення наслідків керуючих факторів протягом усього онтогенезу.

Слід відзначити, що наприкінці онтогенезу індекс форми листків має тенденцію до збільшення. Очевидно, якщо рослина вийшла у таку фазу, то її надземна фітомаса повинна бути збільшеною.

Листки ехінацеї мають різний розмір та різну форму в залежності від приналежності до верхньої, середньої, нижньої або базальної формації. Розмір та швидкість росту листків впливає на внесок відповідної формації на приріст загальної надземної фітомаси. Усереднений індекс форми листя рослини є маркером характеру розвитку рослини. Морфологічний статус рослини визначає той потенціал, який існує для подальшого розвитку в залежності від кліматичних особливостей у даний момент часу. Таким чином, характер динаміки приросту фітомаси визначається особливостями флуктуацій кліматичних факторів у конкретний період та особливістю перебігу ростових процесів у попередні етапи онтогенезу.

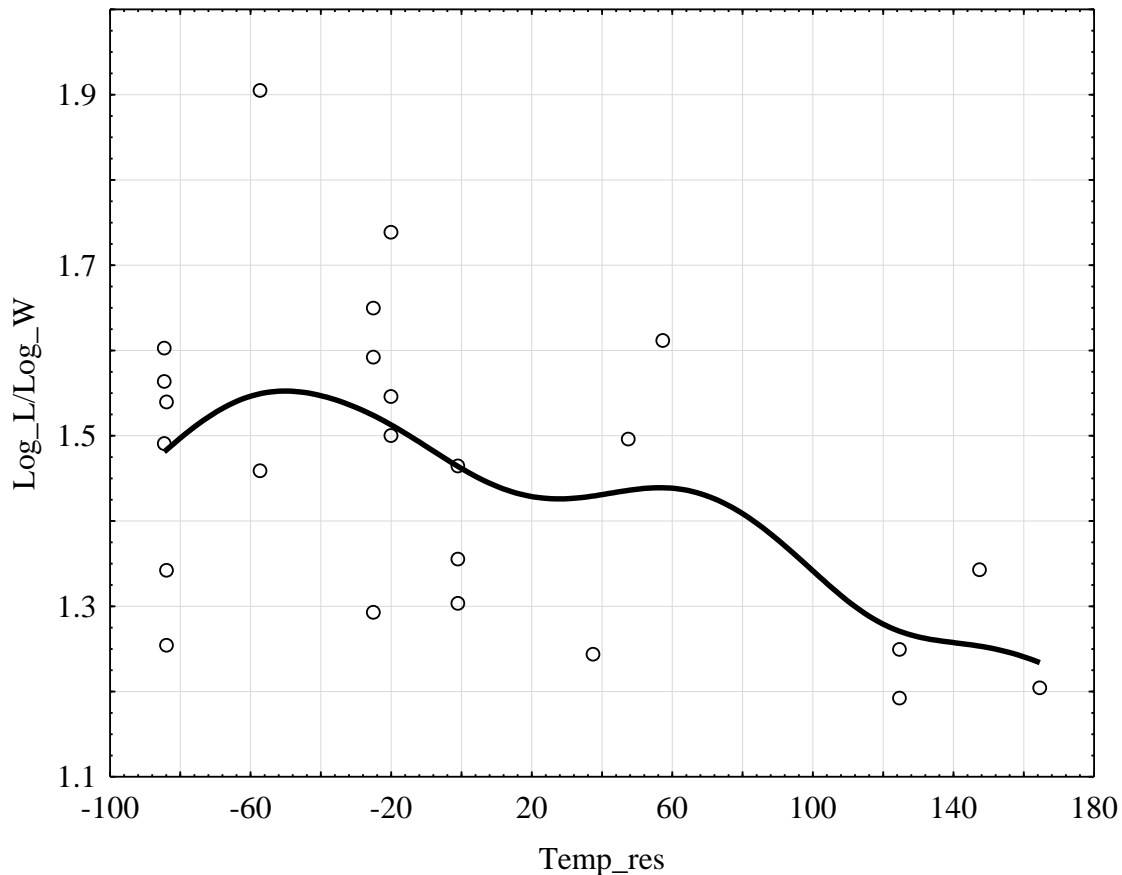


Рис. 5. Зв'язок між флуктуацією температурного режиму (вісь абсцис) та індексом форми листків, 2013–2014 рр.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Динаміка нарощування надземної фітомаси, а також кількості листків *Echinacea pallida* підкоряється сигмоподібній залежності та добре може бути описана рівнянням Хілла. Рівняння для фітомаси та кількості листків дуже подібні, що свідчить про синхронність процесів накопичення фітомаси та збільшення кількості листків.

2. За особливостями форми листових пластинок ріст *Echinacea pallida* можна розподілити на два періоди. У перший період, який триває перші 120 діб вегетації, відбувається поступове зменшення видовженості листків. У другий період, який триває до закінчення вегетації, видовженість листків зростає та набуває найбільшого значення у кінці вегетації.

3. Динаміку фітомаси ехінацеї протягом року можна представити як композицію двох компонент. Міжсезонна компонента є інваріантною і відбиває загальні закономірності

зміни фітомаси, які вказують на особливості існування даного виду в умовах певного екологічного та географічного простору. Специфіка внутрішньосезонної компоненти полягає у наявності відхилень від загального тренду зміни фітомаси, які пояснені за допомогою індексу форми листків ехінацеї та відхилень спостережуваних температур від загального тренду їх зміни протягом сезону.

4. Флуктуації температурного режиму є чинником, який впливає на продукційний процес у ехінацеї. За умов достатнього зволоження додаткове надходження тепла сприяє прискоренню накопиченню надземної фітомаси. Флуктуації температурного режиму мають ситуативний характер впливу на ріст рослин.

5. Інформаційне значення індексу форми листя є результатом пам'яті рослин про процеси, які з нею відбувалися протягом онтогенезу. Морфологічний статус рослини визначає потенціал подальшого розвитку залежно від кліматичних особливостей у даний момент часу.

Динаміка фітомаси визначається флуктуаціями кліматичних факторів у конкретний період та особливістю перебігу ростових процесів у попередні етапи онтогенезу.

Перспективи подальших досліджень слід зосередити на вивченні параметрів росту ехінацеї блідої залежно від різних аспектів агротехніки цієї культури.

References

1. Zhukov, A. V. & Andrushevych, K. V. (2015). Otsenka prostranstvennoi zavysymosti morfometrycheskykh kharakterystyk kukuruzy (*Zea mays* L.) ot edaficheskikh svoistv [Evaluation of the spatial dependence of the morphometric characteristics of corn (*Zea mays* L.) on the edaphic properties]. *Acta Biologica Sibirica*, 3–4, 24–41 [in Russian].

2. Zhukov, A. V. & Andrushevych, K. V. (2015). Mozhlyvosti heohrafichno zvazhenoho metodu holovnykh komponent dlia analizu prostоровoi nestatsionarnosti vzaiemozviazku morfometrychnykh kharakterystyk kukurudy (*Zea mays* L.) [Possibilities of the geographically weighted method of the main components for the analysis of the spatial non-stationary relationship between the morphometric characteristics of maize (*Zea mays* L.)]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal*, 11 (3), 257–266 [in Ukrainian].

3. Zhukov, A. V., Shtyrts, Yu. A. & Zhukov, S. P. (2011). Otsenka metodamy heometrycheskoi morfometryy morfolohycheskoi izmenchivosty listovykh plactynok *Betula pendula* Roth v ekosystemakh s razlychnoi stepeniю antropohennoi transformatsyy [Estimation by methods of geometric morphometry of the morphological variability of *Betula pendula* Roth leaf plates in ecosystems with varying degrees of anthropogenic transformation]. *Problemy ekolohii ta okhorony pryrody tekhnohennoho rehionu*, 1 (11), 128–134 [in Russian].

4. Zahurskaia, Yu. V., Syromlia, T. Y., Baiandyna Y. Y. & Dymyna, E. V. (2016). Yzmenchivost morfolohycheskykh parametrov *Echinacea purpurea* pry vyrashchivanny v Zapadnoi Sybyry [Variability of morphological parameters of *Echinacea purpurea* when grown in Western Siberia]. *Likarske roslynnytstvo: vid dosvidu mynuloho do novitnikh tekhnolohii: materialy piatoi Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internetkonferentsii* (pp. 74–76). Poltava: RVV PDAA [in Russian].

5. Zlobyn, Yu. A., Skliar, V. H. & Klymenko, A. A. (2017). Populiatsyy redkykh vydov rastenyi: teoreticheskie osnovy y metodyka izucheniya [Populations of rare plant species: theoretical foundations and methods of study]. Sumy: Universytetskaia knyha [in Russian].

6. Zlobin, Yu. A., Skliar, V. H., Bondarieva, L. M. & Kyrylchuk, K. S. (2009). Kontseptsiiia morfometrii u suchasni botanitsi [Concept of morphometry in modern botany]. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal*, 5 (1), 5–22 [in Ukrainian]. [in Ukrainian].

7. Kyiak, V. H. (2014). Zhyttievist (vitalitet) yak intehralnyi pokaznyk stanu populiatsii u Roslyn [Vitality (integrity) as an integral indicator of the state of the population in plants]. *Biolohichni Studii / Studia Biologica*, 8 (3/4), 273–284 [in Ukrainian].

8. Menshova, V. M. & Naturkach, Yu. Ia. (2015). Morfolohichni osoblyvosti lystkiv predstavnykiv rodu *Echinacea* Moench pry introduktsii [Morphological features of leaves of representatives of the genus *Echinacea* Moench at introduction]. *Modern Phytomorphology*, 8, 145–147 [in Ukrainian].

9. Pospelov, S. V. (2013) Metody otsenky produktyvnosty predstavitelei roda *Echinacea* (Echinacea Moench) preheneratyvnoho peryoda [Methods for assessing the productivity of members of the genus *Echinacea* (Echinacea Moench) of the pregenerative period]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 24–30 [in Russian].

10. Frans, Dzh. & Tornly Dzh. (1987). Matematycheskye modely v selskom khoziaistve [Mathematical models in agriculture]. Moskva: Ahropromyzzdat [in Russian].

11. Hill, A. V. (1910). The Possible Effects of The Aggregation of The Molecules of Haemoglobin on its Dissociation Curves. *The Journal of Physiology*, 40, IV-VII.

LAWS OF THE ABOVE GROUND PHYTOMASS GROWTH OF THE PALE CONEFLOWER (*ECHINACEA PALLIDA* (NUTT.) NUTT.) IN PREGENERATIVE PERIOD OF THE ONTOGENESIS

Y. Hryhoryshyn, S. Pospelov, E. Hordyeyeva
e-mail: yehor.hryhoryshyn@gmail.com
Poltava State Agrarian Academy
3, Skovorody Str., Poltava, 36000, Ukraine

The paper presents the simulation of growth processes patterns for the most important morphometric parameters of the *Echinacea pallida*

in pregeneration period of the ontogenesis. The patterns were created on the basis of the data collected from the industrial crops during the industrial *Echinacea pallida* cultivation. The dynamics of increase aboveground phytomass, and the number of leaves of *Echinacea pallida*, obeys the sigmoid function and may well be described by the Hill equation. The reasons for the mathematical similarity of the processes for the phytomass and the number of leaves are considered, which indicates synchronous processes of accumulation of the phytomass and an increase in the leaf number. The dynamics of the biomass of *Echinacea* during the year can be represented as a composition of two components. Spring and is a normal component and reflects the general laws of change of biomass of which point to the existence of this particular species in a particular ecological and geographical space. Specificity intraseasonal components is the presence of deviations from the general trend changes phytomass, which are explained using *echinacea* leaf shape index and temperature variations observed from the general trend of the changes in the season. It is shown that temperature fluctuations are a factor that influences the production process of *Echinacea*. Proved that temperature fluctuations have a situational influence on plant growth. Provided evidence that the information value of the leaf shape index is the result of the memory of the plant processes that it occurred during ontogeny. The morphological status of the plant determines the potential for further development, depending on the climatic characteristics at a given time. Phytomass dynamics is determined by fluctuations of climatic factors in the particular period and the growth processes characteristic of flow in the early stages of ontogenesis.

Keywords: *Echinacea*, pale, morphometry, modeling, growth, regression.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА НАЗЕМНОЙ
ФИТОМАССЫ ЭХИНАЦЕИ БЛЕДНОЙ
(*ECHINACEA PALLIDA* (NUTT.) NUTT.)
ПРЕГЕНЕРАТИВНОГО
ПЕРИОДА ОНТОГЕНЕЗА**

**Е. В. Григоришин, С. В. Поспелов,
Е. Ф. Гордеева**

e-mail: yehor.hryhoryshyn@gmail.com

Полтавская государственная аграрная академия,
ул. Сковороды, 3, г. Полтава, 36000, Украина

В статье представлено моделирование закономерностей ростовых процессов

важнейших морфометрических показателей эхинацеи бледной в прегенеративном периоде онтогенеза. Модели разработаны на основе опытных данных, полученных в производственных посевах во время промышленного выращивания *Echinacea pallida*. Показано, что динамика наращивания надземной фитомассы, а также количества листьев *Echinacea pallida*, подчиняется сигмовидной зависимости и хорошо может быть описана уравнением Хилла. Рассмотрены причины математической подобности процессов для фитомассы и количества листьев, что свидетельствует о синхронности процессов накопления фитомассы и увеличения количества листьев. Динамику фитомассы эхинацеи в течение года можно представить как композицию двух компонент. Межсезонная компонента является инвариантной и отражает общие закономерности изменения фитомассы, которые указывают на особенности существования данного вида в условиях определенного экологического и географического пространства. Специфика внутрисезонной компоненты заключается в наличии отклонений от общего тренда изменения фитомассы, которые объяснены с помощью индекса формы листьев эхинацеи и отклонений наблюдаемых температур от общего тренда их изменения в течение сезона. Показано, что флуктуации температурного режима являются фактором, который влияет на продукционный процесс эхинацеи. Доказано, что флуктуации температурного режима имеют ситуативный характер влияния на рост растений. Получены свидетельства того, что информационное значение индекса формы листьев является результатом памяти растений о процессах, которые с ней происходили в течение онтогенеза. Морфологический статус растения определяет потенциал дальнейшего развития в зависимости от климатических особенностей в данный момент времени. Динамика фитомассы определяется флуктуациями климатических факторов в конкретный период и особенностью течения ростовых процессов в предыдущие этапы онтогенеза.

Ключевые слова: эхинацея бледная, морфометрия, моделирование, рост, регрессия.