

Таким чином, наші обґрунтування засвідчують, що на сучасному етапі прецизійні фітотехнології є надзвичайно актуальний напрям, знання якого дозволяють покращити розвиток аграрного сектору в умовах сталого формування та функціонування здоров'я природних (натуральних), хомонатуральних та, особливо, культурних фітоценозів нашої країни на принципах розробленої цілісної природоохоронної та економічно обґрунтованої й об'єднуючої системності з урахуванням плантаєсковольтаїки.

Список використаних джерел

1. Вигера С. М. Природоохоронний контроль культурних фітоценозів : монографія. К.: ЦП "Компринт", 2015. 398 с.
2. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України / Л. В. Анісевич, Д. Г. Войтюк, С. М. Вигера, Н. І. Адамчук, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко, М. М. Ключевич : монографія. Київ : НУБіП України. 2019. 798 с.
3. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л., Вигера А. С. Трофологія: вчення про живлення, їжу та їду : навч. посідник. – Київ : ЦП "Компринт", 2025. 250 с.
4. Ключевич М. М., Вигера С. М., Ковальчук Р. Л. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку органічного виробництва фітопродукції в Україні. *Moderní aspekty vědy: XLIX. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 147– 156.*

УДК: 631.363:519.876

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЛИСТОСТЕБЛОВОЇ СИРОВИНИ THEORETICAL STUDY OF THE EVALUATION OF FRACTIONATION OF LEAF-STEM RAW MATERIAL

Олег Сімаков

*Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна*

З фізичної точки зору листостеблова сировина являє собою багатофазну дисперсну систему, яка характеризується високою неоднорідністю. Частинки листкової частини мають пластинчасту форму, значну площу поверхні та малу товщину, тоді як стеблова частина представлена більш масивними, подовженими та жорсткими елементами. Така морфологічна різниця формує різні умови взаємодії частинок із повітряним потоком, що і лежить в основі процесу їх розділення.

При теоретичному аналізі доцільно розглядати рух окремої частинки в повітряному середовищі як базову модель. На частинку діє сила тяжіння, яка прагне зумовити її осадження, та сила аеродинамічного опору, яка протидіє цьому руху. У загальному випадку рівняння руху має вигляд [1]:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - \frac{1}{2} C_d \rho S v^2$$

де m – маса частинки, кг. Характеризує інерційні властивості матеріалу (чим більша маса, тим складніше змінити швидкість руху частинки);

C_d – коефіцієнт аеродинамічного опору (безрозмірний). Залежить від форми частинки та режиму обтікання (числа Рейнольдса). Для листкових частинок він більший, ніж для стеблових;

S – характерна площа частинки, м² (проекційна площа, перпендикулярна напрямку руху);

v – швидкість руху частинки відносно повітряного потоку, м/с;

Це рівняння відображає нестационарний режим руху частинки, однак у процесі фракціонування найбільший інтерес становить стаціонарний режим, коли швидкість частинки стає сталою. У цьому випадку сили врівноважуються, і визначається критична швидкість осадження [2]:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2mg}{C_d \rho S}}$$

Фізичний зміст цієї залежності полягає в тому, що кожна частинка має свою характерну швидкість, при якій вона перебуває у стані рівноваги з потоком. Якщо швидкість повітря перевищує це значення, частинка підхоплюється потоком; якщо менша – осаджується. Саме на цьому принципі базується селективне фракціонування.

Важливо підкреслити, що параметри, які входять у формулу, мають різну природу впливу. Маса частинки визначає інерційність її руху, тоді як площа S характеризує ступінь взаємодії з потоком. Для листових частинок, які мають велику площу при відносно малій масі, значення критичної швидкості є низьким. Це означає, що вони легко захоплюються повітряним потоком. Натомість стеблові частинки, через більшу масу та меншу відносну площу, мають значно вищу критичну швидкість [3].

Таким чином, для забезпечення ефективного розділення необхідно створити такий режим, при якому швидкість повітряного потоку буде знаходитись у певному інтервалі:

$$v_{кр}^{лист} < v_{потоку} < v_{кр}^{стебло}$$

Ця нерівність є теоретичною основою процесу фракціонування, однак у реальних умовах вона не виконується ідеально. Причиною цього є те, що всі параметри частинок мають статистичний характер. Розміри, маса, форма та навіть вологість змінюються в широких межах, що призводить до перекриття діапазонів критичних швидкостей для різних фракцій.

Для врахування цього ефекту доцільно розглядати не окрему частинку, а сукупність частинок із певним розподілом характеристик. Зокрема, розподіл за розмірами часто описується логнормальним законом [4]:

$$f(d) = \frac{1}{d\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln d - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Це означає, що навіть у межах однієї фракції існує значний розкид параметрів, що ускладнює процес розділення та знижує його селективність. Саме тому попереднє подрібнення має принципове значення: воно дозволяє звужити розподіл розмірів і підвищити ефективність фракціонування.

Не менш важливим є вплив форми частинок. Для його врахування використовується коефіцієнт сферичності:

$$\psi = \frac{S_{сфери}}{S_{частинки}}$$

Чим менше значення цього коефіцієнта, тим більш “плоскою” або “витягнутою” є частинка. Листкові елементи мають низьку сферичність, що призводить до підвищення коефіцієнта опору C_d . У свою чергу, це сприяє зменшенню критичної швидкості та покращує їх відокремлення.

Режим руху частинок у повітряному потоці визначається числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Цей критерій дозволяє оцінити характер течії навколо частинки. При малих значеннях Re рух є ламінарним, і сила опору пропорційна швидкості. У цьому випадку може бути застосований закон Стокса:

$$v = \frac{d^2(\rho_{\text{ч}} - \rho)g}{18\mu}$$

Однак для більшості практичних умов фракціонування характерний перехідний або турбулентний режим, що потребує використання узагальнених залежностей, зокрема квадратичної залежності сили опору від швидкості.

Суттєвий вплив на процес має вологість матеріалу. Зі збільшенням вологості зростає маса частинок, але одночасно змінюються їх поверхневі властивості. З'являються сили адгезії, які сприяють утворенню агломератів. У результаті окремі частинки об'єднуються в більші агрегати, які мають зовсім інші аеродинамічні характеристики. Це явище може бути описане через коефіцієнт агломерації [5]:

$$K_{\text{агл}} = \frac{m_{\text{аглом.}}}{m_{\text{заг.}}}$$

Зростання цього коефіцієнта призводить до різкого погіршення ефективності фракціонування, оскільки процес втрачає селективність.

З точки зору енергетики процесу фракціонування, необхідно враховувати сумарні витрати енергії, які включають витрати на подрібнення, транспортування та створення повітряного потоку:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{подр}} + E_{\text{пов}} + E_{\text{трансп}} \quad (9)$$

Енергія, необхідна для створення повітряного потоку, визначається як:

$$E_{\text{пов}} = \frac{\rho Q v^2}{2} \quad (10)$$

Ця залежність показує, що енерговитрати зростають пропорційно квадрату швидкості потоку, що обумовлює необхідність оптимізації режимів роботи.

Ефективність процесу фракціонування оцінюється за допомогою системи показників. Основним є коефіцієнт вилучення:

$$\eta = \frac{m_{\text{цільової}}}{m_{\text{загал.}}} \quad (11)$$

який характеризує повноту виділення потрібної фракції. Водночас важливою є чистота фракції:

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{компонента}}}{m_{\text{фракції}}} \quad (12)$$

Поєднання цих показників дозволяє оцінити загальну ефективність процесу:

$$K = \eta \cdot \varepsilon \quad (13)$$

Цей інтегральний критерій є найбільш інформативним, оскільки враховує як кількісні, так і якісні характеристики розділення [6].

Для систематизації основних характеристик матеріалу, що визначають ефективність процесу, доцільно представити їх у вигляді узагальненої таблиці 1.

Таблиця 1. Основні фізико-механічні та аеродинамічні характеристики листостеблової сировини, що впливають на ефективність фракціонування

Показник	Листкова фракція	Стеблова фракція	Характер впливу
Насипна густина, кг/м ³	80–150	200–400	визначає інерційність
Розмір частинок, мм	1–5	5–20	впливає на $v_{кр}$
Коефіцієнт опору	високий	нижчий	визначає взаємодію з потоком
Вологість, %	60–75	50–65	впливає на агломерацію
Форма	пластинчаста	циліндрична	визначає аеродинаміку

Аналіз наведених даних показує, що найбільш ефективно розділення досягається при максимальній різниці аеродинамічних характеристик частинок. Саме тому важливо забезпечити контроль гранулометричного складу та вологості матеріалу перед фракціонуванням.

Особливу увагу слід приділити зв'язку процесу фракціонування з подальшим змішуванням. У вібраційних змішувачах, які широко застосовуються у сучасних технологіях кормовиробництва, однорідність суміші значною мірою визначається початковим розподілом частинок. Якщо фракціонування виконано неякісно, виникає сегрегація, що призводить до зниження коефіцієнта однорідності [7]:

$$d = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (14)$$

Таким чином, фракціонування не є ізольованим процесом, а виступає ключовим етапом, який визначає ефективність усієї технологічної лінії.

Узагальнюючи результати теоретичного дослідження, можна зробити висновок, що процес фракціонування листостеблової сировини є складною багатопараметричною системою, ефективність якої визначається взаємодією аеродинамічних, геометричних та фізико-хімічних характеристик частинок. Раціональний вибір режимів роботи обладнання повинен базуватися на узгодженні швидкості повітряного потоку з критичними швидкостями осадження частинок, з урахуванням їх розподілу за розмірами та формою. Це дозволяє забезпечити високу селективність процесу, знизити енерговитрати та підвищити ефективність подальших технологічних операцій, зокрема вібраційного змішування кормів.

Список використаних джерел

1. Лисенко Д. М. Обґрунтування параметра оптимізації фракціонування сухої листостеблової маси. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2011. Вип. 41, ч. 1. С. 425–427.
2. Сімаков О. О. Сучасний стан та перспективи розвитку технологічних підходів фракціонування листостеблової маси в кормовиробництві. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2025. № 3 (118). С. 146–153.
3. Стоцька С. В., Мойсієнко В. В., Панчишин В. З. Вплив елементів технології вирощування конюшини лучної на поживність листостеблової маси. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 215–224.

4. Ковтун К. П., Векленко Ю. А., Яшук В. А., Захлебна Т. П. Біохімічний склад, поживність та продуктивність багаторічних бобових трав за фазами росту і розвитку рослин в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2022. № 93. С. 63–75.

5. Дзюбайло А. Г., Пилипів Н. І. Динаміка якісних показників кормової маси новостворених сінокосів залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75, № 2. С. 42–52.

6. Забарна Т. А. Формування листостеблової та кореневої маси конюшини лучної другого року життя в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2009. Вип. 64. С. 148–155.

7. Шляхтуров Д. С., Страшевська К. В. Вплив погодних умов на урожайність листостеблової маси та насіння чини посівної в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 78–82.

*Науковий керівник: І.М. Купчук, канд. тех. наук, доцент
Вінницький національний аграрний університет*

УДК 633.34:631.55]:661.162.6(292.485)

**ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ УРОЖАЮ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД
ЗАСТОСУВАННЯ РЕТАРДАНТІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ**
FORMATION OF SOYBEAN YIELD STRUCTURE COMPONENTS UNDER THE INFLUENCE
OF RETARDANT APPLICATION IN THE CONDITIONS OF WESTERN FOREST-STEPPE

Тарас Блятник

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького, Львів–Дубляни, Україна*

Соє є перспективною бобовою культурою. Збільшення обсягів виробництва насіння сої дозволить вирішити проблему забезпеченості високоякісним білком. На сучасному етапі, реалізація біологічного потенціалу сортів сої забезпечується, в середньому на 50 %. Індивідуальна продуктивність рослини характеризує реалізацію біологічного потенціалу окремої рослини та відображає сукупний вплив досліджуваних факторів на потенційні можливості сорту за певних умов вирощування [4; 6]. На формування структури складової врожайності сої значний вплив здійснюють умови зовнішнього середовища та технологія вирощування [3].

Дослідження [1; 2] показують, що удосконалення технології вирощування сої, яке забезпечується застосуванням регуляторів росту рослин ретардантною дією є одним з перспективних шляхів реалізації генетичного потенціалу сортів сої. Ретарданти впливають на морфо-фізіологічні процеси в рослині, сприяють підвищенню продуктивності рослин.

Водночас формування продуктивності культури перебуває у тісному взаємозв'язку з метеорологічними чинниками [5]. Недостатньо вивченим залишається питання ефективності застосування ретардантів у період вегетації сої в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Мета досліджень полягала у встановленні ефективності застосування ретардантів щодо впливу на показники елементів структури урожаю сої у Західному Лісостепу.

Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у ПП «Західний Буг» в с. Шимківці Тернопільського району Тернопільської області. Схема досліду двофакторна. Фактора А включав варіанти внесення ретардантів у період вегетації: 1) 3-й трійчастий листок сої, 2) бутонізація, 3) цвітіння. Фактор В – препарати на основі діючих речовин ретардантною дією: 1) Обприскування водою; 2) Мепікват-хлорид + прогексадіон кальцію, 1 л/га; 3) Хлормекват-хлорид, 1,5 л/га; 4) Етефон, 1,5 л/га. Вирощували сорт сої Кіото. Технологія вирощування загальноприйнята для зони.