

*В.В. Чернуський,*  
кандидат сільсько-  
господарських наук

Інститут сільського  
господарства Полісся НААН

## ПРО МОЖЛИВІСТЬ УНІФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОКОМІРНОЇ ОЦІНКИ СЕЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ШЛЯХОМ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПОБУДОВИ ГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ СТЕБЛОСТОЮ ЖИТА ОЗИМОГО І ГОРОХУ ПОЛЬОВОГО

**В статті запропоновано способи попередньої диференціації селекційних зразків за рівнями вираженості ознак шляхом аналізу цифрових фотографій в якості зручного інструменту для отримання параметричних даних об'єктів. Розроблено методичні підходи до питання автоматизації та уніфікації окомірної оцінки в процесі селекційного добору. Запропоновано статистико-математичну модель, як спосіб абстракції та формалізації даної оцінки.**

**Ключові слова:** окомірна оцінка, автоматизація процесу, модульний принцип, формалізована модель стеблостою, цифрова фотографія.

**Постановка проблеми.** Селекціонер-практик у процесі окомірної оцінки селекційного матеріалу стикається зі значною кількістю проблем різного методичного та методологічного рівнів. Зокрема, в селекційному розсаднику, де вивчається більше кількох тисяч зразків, існує проблема зміни параметричних рівнів сімей, пов'язана як з накладанням паратипового “екологічного шуму” так і з так званим “замилуванням ока” самого дослідника. В зв'язку з цим в структуру самого розсадника (зокрема у самозапильних культур) вводиться система частого висіву стандарту, який крім традиційної функції виконує також роль аналізатора-підтримувача середньозважених параметрів показників господарсько-цінних ознак у межах всієї дослідної ділянки.

Таким чином, при обході та аналізі великої кількості номерів селекційних розсадників досвідчений селекціонер тримає в пам'яті багатовимірну варіабельну систему оцінок, яка враховує індивідуальні особливості зразка на фоні локального модульного та загального біометричного пулу розсадника. В зв'язку з цим експертні навички досвідченого селекціонера, накопичені за багато років роботи, набувають великого значення. Разом з тим процес експертної роботи селекціонера може бути значно полегшений при застосуванні системи тестерних моделей аналізу посівів шляхом формалізації цифрових фотографій як аналогів зорових образів, які виникають в голові дослідника.

Цифрові фотографії в якості зручного інструменту для аналізу параметричних даних об'єктів дуже широко використовують в архітектурі, медицині (стоматології, гістології), криміналістиці, геодезії, картографії тощо [1–4].

Останнім часом все більшої популярності цифрові фотографії набувають також в селекції як носії великого інформаційного масиву. Наприклад в форматі польового журналу практично неможливо вернутись до загальнопараметричної оцінки стану зразків і розсадників так як в нього в якості інформації заносяться дані про параметри обмеженої вибірки з усієї генеральної сукупності. На цифровій фотографії завжди можна повернутись до візуального ряду зразка в якості комплексного об'єкта для досліджень або до його окремих елементів.

**Методика і методологія** параметричного аналізу фізичних об'єктів відображених на цифрових фотографіях розроблена і верифікована доволі детально і включає, як правило, наступні елементи [5]. Визначення кордонів об'єктів на зображенні (пошук кордонів на основі градієнта, пошук кордонів на основі лапласіана); виділення об'єктів на зображенні (алгоритм “чарівна паличка”, алгоритм “розумні ножиці”, сегментація за допомогою розрізів на графах); виділення ознак об'єктів (визначення площі і периметра, визначення радіусів вписаних і описаних кіл, визначення сторін описаного прямокутника, визначення числа і взаємного положення

кутів, визначення моментів інерції об'єкта); виявлення і розпізнавання об'єктів зображень (спосіб прямого порівняння об'єкта з еталонним зображенням, кореляційний метод, методи розпізнавання на основі системи ознак).

Нами запропоновано спосіб оцінки сімей і, зокрема параметрів опосередкованих елементів зернової продуктивності селекційних зразків жита озимого і гороху польового.

Система оцінки побудована за модульним принципом. Основні складові: власне цифрова фотографія і програми з оцінки гістограм та навігатора з геометричного положення об'єктів; статистична програма для формалізованого предствлення об'єктів у вигляді піктограм, нейронних мереж тощо; алгебраїчні програми для уніфікованої оцінки взаємовідносин елементів системи в режимі активних панелей.

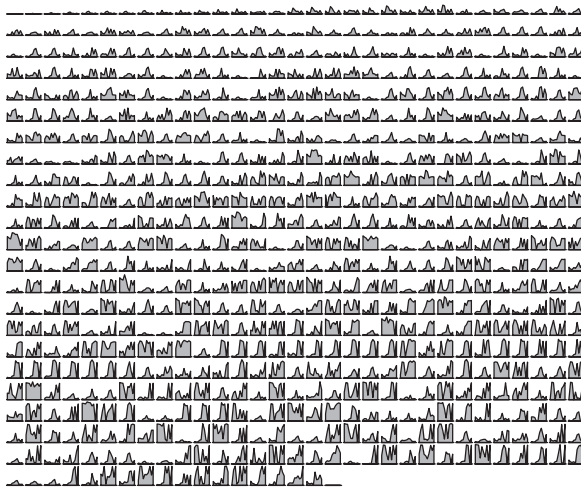
Таким чином, для напрацювання навичок окомірної оцінки зразків необхідний багаторічний досвід роботи та експертне почуття в процесі селекційної практики. Тому допоміжні прийоми до окомірної оцінки селекційних зразків шляхом створення об'єктивно-інструментальних візуальних рядів для порівняння їх між собою є актуальними, а завдання розробки методології уніфікації і опосередкованої візуалізації шляхом перетворення аналогових форм об'єктів у цифрові моделі є метою досліджень.

**Матеріал і методика досліджень.** Оцінку зразків жита озимого і гороху польового на відмітність проводили відповідно до “Методики проведення експертизи сортів на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС)” по технічних, зернобобових і зернових культурах. Відібрані компонентні ознаки зернової продуктивності (прямої і опосередкованої дії) у зразків жита і пелюшки оцінювались відповідно до рекомендацій одноманітно в розрізі селекційних розсадників, конкурсного сортовипробування та розсадників випробування нащадків перспективних номерів.

Для уніфікації отриманих цифрових фотографій в плані масштабності, кута огляду, умов експозиції тощо, ми застосували геометрично витриману (у тривимірному просторі) траєкторію руху фотокамери вздовж генеральної вісі розсадника за однакових умов освітлення.

Визначення висоти розміщення колосу по ярусах проводиться шляхом вирізання та перенесення відповідного шару в нову копію з наступним вирізанням індивідуальних об'єктів за гістограмою кольору в автоматичному режимі з занесенням отриманих даних у цифровий журнал програми “Photoshop-5,5” для заключного аналізу в програмі “Статистика”. Крім того, для уточнення взаємозв'язку параметрів системи “довжина колосу-кут його нахилу” нами використано функцію програми “лінійка”, за допомогою якої в журнал вимірів через систему навігації заносяться паралельні дані “довжина колосу-кут нахилу”.

**Результати досліджень.** Експертна окомірна оцінка базується, як правило, на системі маркерів, які формують узагальнену візуальну характеристику зразка. Піктограма чисельного ступеня прояву компонентних ознак в сукупності загального параметричного пулу відображає дискретність, мінливість, локалізованість або об'єднаність, згрупованість, сформованість ядра повноцінних колосів в загальній структурі стеблестою шляхом візуалізації гістограми цифрової фотографії (рис. 1, 2). Отриманий масив піктограм в розрізі селекційних розсадників, які структурно відображають параметри

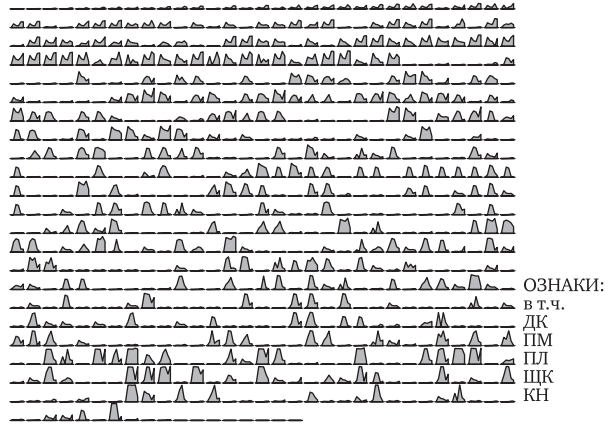


ОЗНАКИ:  
в т.ч.  
ДК  
ПМ  
ПЛ  
ІІІ  
ПК  
КН

**Рис. 1.** Характеристика параметрів компонентних ознак колосу у рослин популяції сортозразка Фінал: ДК — довжина колосу; РВ — інтегральний рівень вигину; КН — опосередкована кількість насинин; ІІІ — інтегральна щільність; ПЛ — площа; ОВ — овальність (за аналізом гістограми цифрової фотографії), 2012 р.

розвитку ознак колосу (зокрема його довжину, периметр, площу, ступінь вигину або радіус кривизни,  $\cos \varphi$  або кут нахилу колосу відносно вертикалі, співвідношення кольорових характеристик забарвлення колоскових лусочок та кольору зернівок, які можуть бути непрямою ознакою ступеня озерненості колосу та довжини зернівок тощо) може бути до певної міри допоміжним матеріалом до окомірної оцінки стану посівів та динаміки розвитку генеративних органів.

Продуктивні ознаки колосу є одними із найважливіших у системі морфометричних показників продуктивності рослини. Зокрема, озерненість колосу пов'язана з загальною продуктивністю рослини на рівні ( $r=0,69$ ) [6]. В свою чергу, ознаки озерненості колосу, його довжина та маса зерна з колосу утворюють стійку плеяду позитивних кореляційних зв'язків як на міжпопуляційному так і на внутрішньопопуляційному рівнях. Тому показник довжини колосу може бути допоміжною ознакою, яка характеризує продуктивність зразка. Але параметричну характеристику цієї ознаки (незважаючи на привабливість та простоту її визначення) слід використовувати з певними застереженнями, так як значна кількість селекціонерів, які займаються культурою жита озимого, не відводять їй вирішальної ролі. В результаті наших досліджень також встановлено, що на міжпопуляційному рівні коефіцієнт кореляції між ознаками “довжина колосу–маса зерна в колосі” не перевищує 0,1–0,15 по роках досліджень. На внутрішньопопуляційному рівні, в залежності від морфотипових особливостей зразка, цей зв'язок може коливатися від негативних до позитивних значень і не перевищує 0,30–0,35. Тому оцінка за даною ознакою буде більш правдоподібною в розсадниках, де зразки диференційовані на внутрішньопопуляційних рівнях, а саме, — в розсадниках випробування нащадків, селекційних тощо. Тобто, попередньо слід визначитися на якому рівні по силі скорельована дана ознака з загальною продуктивністю зразків цього морфотипу. Крім того, на нашу думку, доцільніше використовувати інтегрований показник “довжина колосу–кут його нахилу”, так як саме кут нахилу колосу більш тісно ( $r=0,35–0,42$ ) пов'язаний з ознакою “озерненість колосу”. Атрагуюча здатність колосу як фізіологічна ознака для



**Рис. 2. Характеристика параметрів компонентних ознак колосу у рослин популяції сортозразка кормового напрямку використання: ДК — довжина колосу; РВ — інтегральний рівень вигину; КН — опосередкована кількість насінин; ПЛ — інтегральна щільність; ШЦ — площа; ОВ — овальність (за аналізом гістограми цифрової фотографії), 2012 р.**

зернових колосових культур має надзвичайно велике значення. З морфологічного погляду ступінь атрагуючої здатності колосу проявляється у збільшенні його габаритів та куті нахилу вісі колоса до площини поверхні. Принципам та методам добору за даною ознакою присвячено багато робіт видатних селекціонерів. Зокрема, академік В.В. Моргун щороку за цими принципами власноруч добирає десятки тисяч колосів.

Селекціонер по культурі жита озимого виділяє систему кореляційних плеяд компонентних ознак, які формують продуктивність зразка. Зокрема, значною силою кореляції ( $r=0,6–0,8$ ) характеризується зв'язок ознак загальна потужність стеблостою — зернова продуктивність зразка [6]. Дані характеристики в системі окомірної оцінки можна отримати при згортанні фронтальної фотографії зразка в трьохвимірну циліндричну фігуру обертання. Сенс даної маніпуляції полягає в тому, що поліпшується зорове сприйняття ступеня фрактальності (наповненості) 3Д — простору загальної біомасою рослин і в тому числі оптимізується аналіз візуального співвідношення загальної вегетативної маси і генеративних органів рослин через співвідношення заповненості площ бічної і торцевої поверхонь циліндра (рис. 3, 4) [7, 8]. Рівні співвідношення, крім того, можуть характеризувати атрагуючу здатність генеративної сфери рослин зразка.

Стійкість до вилягання ще один важливий аспект потенційної врожайності зразка. В се-



**Рис. 3.** Цифрова фотографія селекційного зразка жита озимого (короткостеблого з доміантним типом генного контролю) трансформована в трьохвимірну циліндричну фігуру обертання, 2012 р.



**Рис. 4.** Цифрова фотографія селекційного зразка жита озимого (високорослого, укїсного напрямку використання) трансформована в трьохвимірну циліндричну фігуру обертання, 2012 р.

лекційно генетичному сенсі дана проблема в значній мірі розв'язана. Зокрема, авторами [9] вперше було проведено генетичну диференціацію ознаки короткостебельності в жита, що дало можливість виділити невідомий раніше доміантний ген HL. Селекційно-генетичне вивчення цього гена показало, що він не зчеплений з іншими ознаками, що негативно впливають на врожай. Навпаки, доміантний тип короткостебельності дає змогу поєднувати в житі короткостебельність й зимостійкість з високою продуктивністю. Донори доміантної короткостебельності нині досить широко використовують селекціонери країни, де проблема вилягання найбільш актуальна. Для подолання труднощів відбору константних короткостебельних форм з гібридних популяцій запропоновані способи визначення і виділення гомозиготних генотипів короткостебельних рослин. Використання розробок авторів в Росії дало можливість вирішити одну з головних проблем селекції жита — стійкість до вилягання.

За короткий період в країні було створено 29 сортів, що становить 54% всіх сортів, внесених до Державного реєстру селекційних досягнень Російської Федерації.

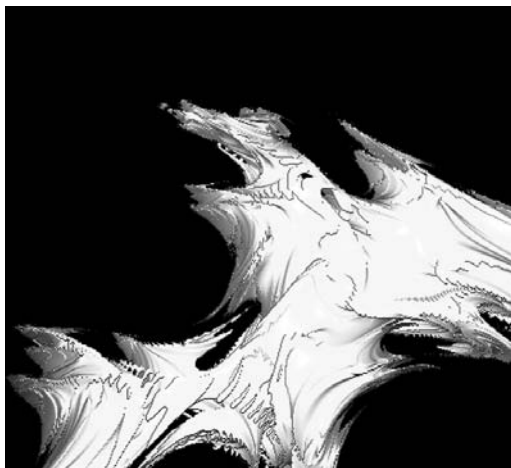
Вітчизняними селекціонерами також запропоновано оптимальну модель сорту [10]. Відмічено, що стійкість до вилягання залежить від висоти стебла, його міцності та інтенсивності розвитку кореневої системи і міцності зв'язку її з ґрунтом. Рівня врожайності інтенсивних сортів озимого жита 6–8 т/га можна досягти при густоті продуктивного стеблостою 400–500 стебел/м<sup>2</sup> і масі зерна з колоса 1,5–2 г. Такі сорти можуть бути стійкими до вилягання при висоті рослин 80–120 см і міцності нижніх міжвузлів соломини на злам не менше 500–700 г.

У фізичному сенсі цей показник в значній мірі залежить від розміщення центра мас в системі стеблостою. При цьому важливу роль відіграє не лише міцність соломини, а й довжина плеча (радіус — вектора) між центром маси (колоса) і точкою перегинання. Важливо, що крутінний момент колоса навколо осі, забирає частину енергії, яка була б витрачена на згинання стебла рослини.

Рух колоса в системі трьохвимірному простору підпорядковується законам руху математичного маятника за певними обмеженнями. Залежить від  $m$  — маси колоса,  $g$  — прискорення (при пориві вітру),  $r$  — радіус-вектора (високорослості). Ці елементи системи є паратиповими, тобто незалежними від експериментатора і такими, що підлягають антропогенному впливу (довжина стебла, маса колоса). Якщо знижувати масу колоса в рамках селекційної програми недоцільно, а вплинути на екстремальні погодні умови неможливо, то залишається єдиний шлях підвищення механічної стійкості стеблостою — це зниження висоти рослини в єдиному ярусі або розосередження центру мас на кількох рівнях. Відмітимо, що вирівняність висоти стеблостою характерна для гібридних зразків, отриманих на гетерозисній основі, а розподіленість висоти рослин на кількох рівнях характерна для сортів-популяцій.

Важливим елементом аналізу та статистичного підрахунку виділених елементів та їхніх лінійних розмірів є також можливість побудови просторової фрактальної або кватерніонної моделі структури розміщення плодкових елементів у просторі. Кватерніони дають апарат, що дає змогу найбільш зручним чином записувати всі операції, пов'язані з описом і дослідженням руху твердого тіла,

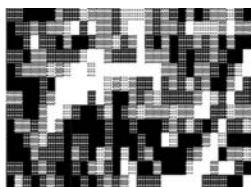




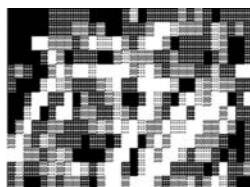
**Рис. 5.** Візуальна характеристика центру маси колосся у стеблостій зразка-популяції в системі кватерніонів через гіпер комплексні числа для визначення потенційної стійкості зразка до вилягання, 2012 р. Режим доступу до програми: <http://www.eclectasy.com/Fractal-Explorer/index.html>; <http://fractals.da.ru>

в т.ч. для аналізу потенційної стійкості зразка до вилягання, зокрема, чим компактніший центр мас цього зразка, тим менш стійкий він до вилягання (рис. 5, 6).

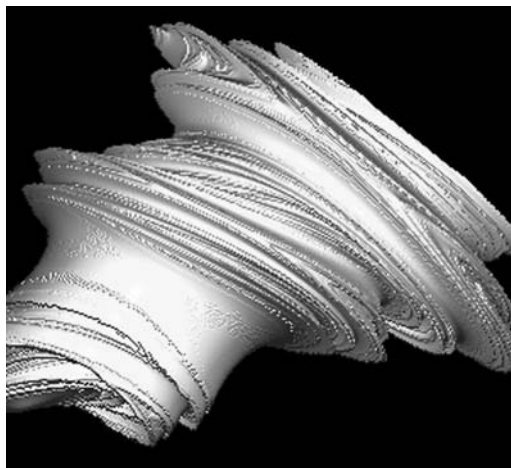
При вирішенні практичних завдань, пов'язаних з вимірами реальних геометричних розмірів об'єктів на зображенні, в нашому випадку встановлення кількості, лінійних розмірів та характеру фрактального відображення розміщення бобів у пелюшки у просторі зручно використовувати просторову систему координат.



**Рис. 7.** Фрактально трансформоване конформне відображення цифрової фотографії стеблостою селекційного зразка (світлі квадрати — зображення бобів) № 21/11 (еректофільне розміщення стебел, компактне розміщення бобів), 2011 р.



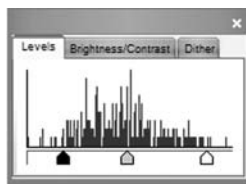
**Рис. 8.** Фрактально трансформоване конформне відображення цифрової фотографії стеблостою селекційного зразка № 79/11 (звичайний тип стеблостою, лінійне розміщення бобів), 2011 р.



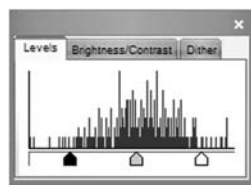
**Рис. 6.** Візуальна характеристика центру маси колосся у стеблостій зразка гібриду на основі гетерозисного ефекту в системі кватерніонів через гіпер комплексні числа для визначення потенційної стійкості зразка до вилягання, 2012 р. Режим доступу до програми: <http://www.eclectasy.com/Fractal-Explorer/index.html> <http://fractals.da.ru>

У цій системі [4] зображення представляється безперервним числовим полем квадратів з однією величиною, а кількість квадратів збігається з числом пікселів, тому значення інтенсивності елемента в центрі квадрата збігається із значенням відповідного пікселя в піксельній системі координат.

У нашому випадку використана система фрактально трансформованого конформного відображення цифрової фотографії стеблостою селекційних зразків пелюшки різних морфотипів (рис. 7–10).



**Рис. 9.** Попіксельні гістограми інтенсивності: зразка № 21/11 (еректофільне розміщення стебел, компактне розміщення бобів)



**Рис. 10.** Попіксельні гістограми інтенсивності: зразка № 79/11 (звичайний тип стеблостою, лінійне розміщення бобів)

## ВИСНОВКИ

Таким чином, з метою підвищення продуктивності праці селекціонера під час проведення окомірної оцінки великої кількості зразків можливо проводити попередню їх ідентифікацію та диференціацію на предмет виявлення критеріїв для плюс добору.

Система матричних полів для відображення параметричної градації ознак зразків вибудовується шляхом створення візуально-графічних зорових образів на базі реальних цифрових фотографій при аналізі їх за допомогою спеціалізованих статистико-математичних програм.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Русин Б.П. Застосування методів сегментації зображень для дослідження властивостей структури матеріалів / Б.П. Русин, Р.Я. Косаревич, В.В. Корній // Відбір і обробка інформації. — 2011. — Вип. 34 (110) — С. 59–68.
2. Дмитриев И.Е. Измерительные системы для построения трехмерных моделей природных объектов при мониторинге окружающей среды: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / И.Е. Дмитриев. — М., 2007. — 117 с.
3. Макаренко А.М. Застосування цифрових методів обробки зображень до фотографій шліфів гірських порід [Електронний ресурс] / А.М. Макаренко, Д.Ф. Марченков // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: Зб. наук. пр. — 2008. — С. 207–220.
4. Костелов С.С. Автоматизоване управління технологічними процесами / С.С. Костелов. — Луцьк: ЛНТУ, 2010. — 19 с.
5. Методичні вказівки. Можливості цифрової обробки зображень в Matlab // Комп'ютерна графіка.
6. Тороп Е.А. Морфогенетические закономерности формирования продуктивности озимой ржи (*Secale cereale* L.): автореф. дис. ... д-р биол. наук: спец. 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений" / Е.А. Тороп. — Рамонь, 2011. — 38 с.
7. Дижевский А.Ю. Визуализация трехмерных объектов, вложенных в полупрозрачный объем / А.Ю. Дижевский // Вестник Московского университета. Сер. 14. Вычислительная математика и кибернетика. — 2008. — Т. 4. — С. 39–45.
8. Дижевский А.Ю. Геометрические аспекты методов визуализации трехмерных объектов / А.Ю. Дижевский // Приволжский научный журнал. — Н. Новгород, 2011. — № 3. — С. 40–46.
9. Лоскутов И.Г. Итоги и перспективы исследования мировой коллекции овса, ржи и ячменя / И.Г. Лоскутов, В. Д. Кобылянский, О. Н. Ковалева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — 2007. — Т. 164. — СПб.: ВИР. — 399 с.
10. Чекалин Н.М. Селекция и генетика отдельных культур [Електронний ресурс] / Н.М. Чекалин, В.Н. Тищенко, М.Е. Баташова. — Режим доступу до статті: [http://agromage.com/stat\\_id.php?id=457](http://agromage.com/stat_id.php?id=457)

## ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА КОРМОВИХ УГІДДЯХ

Розробник — Інститут сільського господарства Полісся НААН.

Автори — Вишневська О.В., Дідківський С.Ю.

Сьогодні як ніколи актуальним є гасло: вкладати менше в виробництво, а отримувати більше. В сільськогосподарському виробництві реалізовувати в життя цю тезу допомагають рідкі мінеральні добрива, які використовуються для позакореневого (листяного підживлення).

В інституті вивчено використання рідких мінеральних добрив фірми "Інтермаг" для підживлення багаторічних травосумішок після використання в системі зеленого конвеєра. Встановлено, що приріст урожаю за внесення мікродобрив (на фоні без добрив) становить 6,2–23,4%, на фоні мінеральних добрив  $P_{30}K_{60}$  — 3,7–21,3%, на фоні  $N_{60}P_{30}K_{60}$  — 4,6–19,2%, на фоні  $N_{90}P_{30}K_{60}$  — 6,7–31,0%. За рахунок удосконалення системи удобрення багаторічних травосумішок собівартість корму знижувалась в 3,3–4,0 рази порівняно з використанням тільки основної мінеральної системи удобрення.

За додатковою інформацією звертатися за адресою:

ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОЛІССЯ НААН.

10007, м. Житомир, Київське шосе, 131. Тел. (0412) 48-62-31,

Вишневська О.В., Дідківський С.Ю.