

серед гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої не виявлено таких, що проявили б гетерозис або частково позитивне домінування за вмістом білка. Проміжне успадкування за два роки досліджень встановили у чотирьох гібридів.

У 2024 р. більшість гібридних комбінацій схрещування характеризувались за вмістом білка в межах 11,1–13,0%, при цьому частка високобілкових форм ( $\geq 13,1\%$ ) становила 23,0%. У 2025 р. спостерігалось зміщення розподілу в бік середніх значень (11,1–12,0%), у межах яких було зосереджено 57,0% гібридів. Отримані результати свідчать про вплив умов року вирощування на реалізацію ознаки та варіабельність вмісту білка в зерні  $F_1$ .

УДК 631.348.4:632.954

**Хропост В. І.**, доктор філософії, старший викладач кафедри природничо-математичних та загальноінженерних дисциплін  
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»  
e-mail: hropost1505@gmail.com

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ШТАНГОВИХ ОБПРИСКУВАЧІВ ДЛЯ ТОЧКОВОГО ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ

Однією з найбільш актуальних задач сучасного сільськогосподарського машинобудування є розробка штангових обприскувачів для точкового внесення гербіцидів, що зумовлено стрімким переходом до концепції точного землеробства. Традиційні методи суцільного обприскування поступово втрачають свою доцільність через значні екологічні ризики, високу вартість препаратів та зростаючу резистентність бур'янів. Точкове внесення дозволяє спрямовувати діючу речовину безпосередньо на цільовий об'єкт, що забезпечує економію гербіцидів у межах від 30 до 90% залежно від забур'яненості поля. Проте ефективність такої системи критично залежить від узгодженості конструктивних параметрів штанги, характеристик сенсорних модулів та динамічних показників виконавчих механізмів.

Першочерговим аспектом обґрунтування конструкції є забезпечення стабільності положення штанги відносно поверхні ґрунту або вегетативної маси. Коливання штанги в горизонтальній та вертикальній площинах створюють динамічні похибки, які для систем точкового внесення є критичними. Якщо при суцільному внесенні незначне відхилення висоти призводить лише до нерівномірності покриття, то в системах «виявив-обприскав» зміна висоти безпосередньо змінює площу охоплення сенсора та зону покриття розпилювача. Будь-яке неконтрольоване коливання штанги призводить до пропусків цільових об'єктів або до надмірного витрачання препарату на порожній ґрунт. Тому конструкція має передбачати активні системи стабілізації з використанням гідравлічних або електроприводів, що працюють у режимі реального часу на основі даних ультразвукових датчиків висоти.

Наступним важливим параметром є відстань між сенсором (камерою або оптичним датчиком) та розпилювачем. Це дистанція випередження, яка повинна бути чітко розрахована з урахуван-

Статистичні показники варіабельності вмісту білка в зерні гібридів  $F_1$  у 2024 та 2025 рр. становили відповідно  $11,99 \pm 0,18$  та  $12,03 \pm 0,18\%$ . Довірчі інтервали перекрилися, що свідчить про відсутність статистично значущих відмінностей між роками. Встановлено істотну мінливість вмісту білка в зерні гібридів  $F_1$  пшениці, що підтверджує складну полігенну природу ознаки та її залежність від генотипових особливостей і умов року. Це типова ситуація для кількісних ознак: середнє значення в популяції залишається стабільним завдяки екологічній пластичності, тоді як вміст білка істотно варіює залежно від комбінаційної здатності батьківських форм.

ням робочої швидкості агрегату та часу затримки спрацювання системи. Час затримки складається з часу обробки сигналу комп'ютером, часу передачі команди на контролер та фізичного часу відкриття електромагнітного клапана. Якщо швидкість агрегату зростає, необхідно або збільшувати обчислювальну потужність системи для зменшення, або виносити сенсори далі вперед на спеціальних кронштейнах, що, у свою чергу, підвищує вимоги до жорсткості конструкції та стійкості до вібрацій.

Важливу роль відіграє крок розміщення розпилювачів на штанзі. Для точкового внесення стандартний крок у 50 см часто виявляється недостатньо гнучким, особливо при роботі з дрібними бур'янами на ранніх стадіях вегетації. Обґрунтування зменшення кроку до 25 см або використання багатоканальних форсунок дозволяє підвищити роздільну здатність системи. Це означає, що зона активації стає більш локалізованою, що мінімізує потрапляння гербіциду на культурні рослини. При цьому конструкція штанги має витримувати збільшену вагу магістралей та велику кількість електромагнітних клапанів. Використання композитних матеріалів або легких сплавів алюмінію дозволяє знизити інерційність штанги, що позитивно впливає на точність позиціонування форсунок над об'єктом.

Технічне обґрунтування також включає вибір характеристик гідравлічної системи. Для точкового внесення характерним є дискретний режим роботи, що спричиняє постійні стрибки тиску в системі. Кожне швидке відкриття та закриття клапана створює гідроудар, який може негативно впливати на якість розпилу та довговічність компонентів. Для нівелювання цього ефекту в конструкцію обприскувача необхідно впроваджувати системи автоматичного регулювання тиску з рециркуляцією робочої рідини. Це дозволяє підтримувати постійний тиск у штанзі незалежно від

того, скільки форсунок активні в даний момент. Стабільність тиску є критичною для підтримки сталого розміру крапель, оскільки дрібні краплі схильні до знесення вітром, а надто великі не забезпечують достатнього покриття поверхні листка бур'яну.

Крім механічних параметрів, необхідно враховувати інтеграцію систем штучного інтелекту та машинного зору. Конструкція кріплення камер має забезпечувати захист від прямого сонячного світла та пилу, оскільки якість вхідного зображення безпосередньо впливає на точність ідентифікації бур'янів. Оптимальний кут нахилу камери відносно вертикалі дозволяє мінімізувати ефект перекриття листків культурних рослин і бур'янів. Обґрунтування фокусної відстані об'єктивів та висоти їх встановлення проводиться таким чином, щоб забезпечити максимальну роз-

дільну здатність при заданій ширині захвату. Якщо поле зору камери занадто велике, дрібні бур'яни можуть бути не розпізнані; якщо занадто мале – зростає кількість необхідних камер, що здорожує конструкцію.

Економічна ефективність обґрунтованих параметрів проявляється через зниження пестицидного навантаження на гектар. Зменшення об'єму бака при збереженні тієї ж продуктивності (за рахунок економії розчину) дозволяє зменшити масу обприскувача, що знижує ущільнення ґрунту та витрати пального. Таким чином, конструктивні параметри штангових обприскувачів для точкового внесення є симбіозом механіки, гідравліки та електроніки. Тільки при комплексному підході, де враховані динаміка штанги, швидкість обробки даних та гідравлічна стабільність, можна досягти цільових показників ефективності.

УДК 631.5:004

**Царук І. В.**<sup>1</sup>, PhD, старший викладач кафедри агрономії

**Риженко А. С.**<sup>2</sup>, PhD, старший викладач кафедри агрономії  
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

<sup>1</sup>e-mail: illacaruk4@gmail.com

## ЗАСТОСУВАННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В РОСЛИННИЦТВІ УКРАЇНИ

У сучасних умовах трансформації аграрного сектору України, зумовлених глобальними кліматичними змінами, зростанням вартості матеріально-технічних ресурсів та необхідністю забезпечення продовольчої безпеки, особливого значення набуває впровадження інноваційних підходів до ведення рослинництва. Одним із найбільш перспективних напрямів є точне землеробство, яке базується на використанні цифрових технологій, геоінформаційних систем, супутникової навігації та аналітики великих масивів даних.

Концепція точного землеробства передбачає диференційований підхід до управління агротехнологічними процесами з урахуванням просторової неоднорідності агроландшафтів. Її практична реалізація в українських господарствах охоплює такі елементи, як картування врожайності, зонування полів, диференційоване внесення добрив, автоматизоване керування сільськогосподарською технікою та моніторинг стану посівів у режимі реального часу.

Вітчизняний досвід свідчить про поступове, але системне впровадження зазначених технологій у діяльність провідних аграрних підприємств. Зокрема, компанія Миронівський хлібопродукт здійснює комплексну цифровізацію виробничих процесів, що включає інтеграцію систем точного позиціонування, аналіз агрохімічних показників ґрунту та застосування алгоритмів прийняття управлінських рішень. У свою чергу, агрохолдинг Кернел впроваджує інтелектуальні платформи обробки агрономічних даних, що дозволяє оптимізувати технологічні операції та підвищити ефективність використання виробничих ресурсів. Компанія Астарта-Київ реалізує системний під-

хід до управління продуктивністю агроценозів через застосування диференційованих технологій обробки ґрунту та точного висіву.

Важливим складником сучасного точного землеробства є використання безпілотних літальних апаратів (агродронів), які забезпечують високоточний дистанційний моніторинг посівів. Застосування агродронів дозволяє отримувати оперативну інформацію про фізіологічний стан рослин, рівень біотичних та абіотичних стресів, а також просторову варіабельність розвитку культур. Особливого значення набуває використання мультиспектральної зйомки для розрахунку вегетаційних індексів (зокрема NDVI), що дає змогу здійснювати ранню діагностику стану посівів.

Науково-практичні результати свідчать, що інтеграція агродронів у систему точного землеробства сприяє підвищенню точності агротехнологічних операцій, зниженню витрат на засоби захисту рослин та мінеральні добрива, а також мінімізації антропогенного навантаження на агроєкосистеми. Ефективність використання безпілотних технологій проявляється, зокрема, у можливості локального (site-specific) внесення препаратів, що забезпечує раціональне використання ресурсів і підвищення екологічної безпеки виробництва.

Разом із тим, широкомасштабне впровадження технологій точного землеробства в Україні стримується низкою факторів, серед яких ключовими є високий рівень капіталовкладень, недостатня підготовка кадрового потенціалу, фрагментарність цифрової інфраструктури та обмежений доступ до якісних аналітичних даних. Особливо актуальними ці проблеми є для малих і середніх сільськогосподарських підприємств.