

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ СХЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН

ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-1241-8634

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5028-2048

Національна академія аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки
і техніки України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. З розширенням ареалу кукурудзи, різноманітністю використання її в харчових, кормових і технічних цілях значно підвищуються вимоги до удосконалення сортової технології кукурудзи з урахуванням урожайності та якості зерна. При цьому необхідно враховувати не тільки диференціацію біохімічного складу кукурудзи, а й поліпшення технологічних, фізичних і органолептичних властивостей для підвищення товарності в широкому плані й придатності до динамічних навантажень при збиранні. Одночасно із збільшенням валового виробництва зерна кукурудзи необхідно більше приділяти увагу і його показникам якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Залежно від напрямку використання зерна зумовлюються критерії його оцінки за біохімічними показниками якості, що є одним із найважливіших елементів його споживчої цінності, дозволяє визначити потребу людини і тварини у тих чи інших елементах живлення. У харчових цілях найбільшу увагу приділяють вмісту білка, від якого залежить ціна на продукцію і рентабельність виробництва [1, 2].

Зерно кукурудзи є джерелом багатьох важливих речовин для харчування людей і тварин, воно добре зберігається, транспортується, з нього можна виготовляти багато різноманітних продуктів харчування. До складу зерна входять білки, вуглеводи, вітаміни, жири, мінеральні речовини, амінокислоти. Тому поліпшення якості зерна кукурудзи має важливе значення і являється досить важливим завданням поряд з підвищенням урожайності. При цьому необхідно враховувати напрям цільового використання зерна та сучасні критерії оцінки за якісними показниками. Так, якщо за виробництва біоетанолу важливим буде вміст у зерні крохмалю, то для харчових цілей найбільше значення має вміст в одержаній продукції протеїну і жиру. Слід зауважити, що вартість зерна на світових і європейських ринках, перш за все, обумовлена вмістом у зерні білка. Тому, за кордоном велика увага приділяється дослідженням щодо підвищення вмісту білка за рахунок підбору гібридного складу кукурудзи з високим рівнем

урожайності та якості, а також комплексному вдосконаленню технологічних прийомів. Посушливий клімат Південного Степу України та застосування зрошення сприяють формуванню зерна кукурудзи з високим вмістом білка. Підвищена температура повітря (понад 30°C) наприкінці вегетаційного періоду знижує процеси фотосинтезу та сприяє втра-там органічних сполук на дихання і теплообмін. Крім цього, відбувається втрата вуглеводів та інших речовин, однак вміст білків суттєво зростає [3, 4].

Зацікавленість товаровиробників у вирощуванні кукурудзи обумовлене високою її врожайністю, порівнюючи з іншими зерновими культурами, пристосованістю до усіх ґрунтово-кліматичних умов України й різнобічними сферами використання. Зокрема, останнім часом, крім традиційних напрямків використання продовольчого, технічного і кормового, долучилася переробка на біопаливо (біогаз і біоетанол), обсяги виробництва якого можуть становити 5–12 % від загального обсягу використання традиційних видів палива [5, 6]. До анатомічної структури зерна кукурудзи належать такі складові: ендосперм, зародок і оболонки. В ендоспермі міститься до 98 % крохмалю та 75 % білкових речовин, зокрема основна частина білка знаходиться у верхньому шарі ендосперму – алеїноному шарі [7, 8]. Основними запасними речовинами зерна кукурудзи, які визначають якісні показники, є вуглеводи, білки, жири, вітаміни, макро- і мікроелементи тощо. Вуглеводи у структурі зерна кукурудзи займають 75–80 %, що й створює істотні перспективи використання його для отримання біоетанолу [9]. Для виробництва біоетанолу важливе значення має вміст вуглеводів (крохмалю) у зерні, а для харчової промисловості найбільш цінним є зерно з високим вмістом протеїну і крохмалю [10, 11]. Зокрема, підвиди кукурудзи відрізняються за показниками якості зерна, що обумовлює відповідний напрям їхнього використання [12].

Основні причини, що перешкоджають широкому впровадженню у виробництво високоолійних гібридів: зниження у них маси зернівки на 2–3 %, пухка

структура ендосперму та підвищене його травмування при збиранні і обмолоті, більш висока сприйнятливості до ураження хворобами і шкідниками, що, в підсумку більшості випадків, знижує врожайність зерна на 10–15 % [13].

Значної шкоди рослинам кукурудзи завдають комахи, які пошкоджують внутрішні частини стебел і генеративні органи: кукурудзяний стебловий метелик та бавовникова совка. Гусениці стеблового кукурудзяного метелика пошкоджують ніжну частину листків, проникають у стебла, волоті, ніжки та обгортки качанів, спричиняють обламування стебел та качанів, що ускладнює збирання, погіршується товарна якість качанів [14]. Відомо, що розселення *Ostrinia nubilalis* Hübner у межах України більш стабільне, ніж інших фітофагів кукурудзи. Найбільша заселеність посівів кукурудзи та шкодочинність кукурудзяного метелика в період вегетації спостерігалася, за даними 1985–2000 рр., у зоні Лісостепу України [15].

Гусениці бавовникової совки обгризають нитки качана, видають зернівки, внаслідок чого пошкоджені зерна уражуються пліснявими грибами, знижується врожайність [16, 17].

Зрошення в посушливих районах країни є важливим фактором, що гарантує високі врожаї кукурудзи, впливаючи не тільки на умови росту рослин, але й на розвиток всіх живих організмів, що мешкають як у ґрунті, рослинах, так і в зоні рослинного покриву. При зрошенні істотно змінюється мікроклімат приземного шару атмосфери та ґрунту. Для більшості шкідників пірофільної та мезофільної екологічних груп, які у всіх фазах розвитку не пов'язані з ґрунтом та живуть у зоні рослинного ярусу, при зрошенні створюються більш сприятливі умови. До шкідників, чисельність яких при зрошенні зростає, належить і стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Hübner), який повсюдно поширений в Україні [18]. Про наявність гусениць цього фітофага на рослинах кукурудзи свідчать круглі отвори й подовжені погризи на пластинках листків, ходи в середніх жилках і листових піхвах, обломані стебла, отвори та ходи в стеблах і качанах. Пошкодження комахами рослин, а також травми, завдані рослинам механічно під час догляду за посівами стають місцями для проникнення збудників інфекції різноманітних хвороб кукурудзи. Окрім того, часто рослина ламається у місці пошкодження фітофагом під качаном, який падає на землю, що унеможливає його підбирання жаткою комбайна при збиранні врожаю. За недостатньо ефективного та несвоєчасного контролю фітофагів кукурудзи втрати врожаю можуть сягати до 40% [19].

Стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) один з найбільш небезпечних фітофагів кукурудзи, втрати урожаю зерна від якого становлять 14–16%, а у роки масового розмноження до 25% і більше. Живлення гусениць сприяє проникненню у рослини збудників пухирчастої сажки, фузаріозу та пліснявини зерна. Зламани стебла та качани – наслідок живлення гусениць метелика, утруднюють механізований збір урожаю, що є однією із причин додаткових втрат [20].

Загалом на території України нараховують майже 190 видів комах, здатних різною мірою пошкоджувати кукурудзу. Серед них 20–22 види вважаються найнебезпечнішими. Нині особливо зросла загроза від таких фітофагів ряду лускокрилих (*Lepidoptera*), як кукурудзяний стебловий метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.) і бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hb.). Це сталося внаслідок розширення їхніх ареалів і збільшення чисельності. Це основні й найнебезпечніші види, які завдають значної шкоди культурі в другій половині її вегетації, а тому мають найбільше економічне значення. Крім них, кукурудзу в цей час нерідко пошкоджують лучний метелик (*Pyrausta sticticalis* L.), кілька інших видів листогризучих совок (*Noctuidae* sp.), західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte), низка видів попелиць тощо. Проте, головні фітофаги культури в пізніший період її вегетації – стебловий метелик і бавовникова совка [21].

Високу шкідливість кукурудзяного стеблового метелика вчені вкотре підтвердили й зовсім недавно (Vozhehova, Marchenko et al.). За даними цих авторів, заселення рослини кукурудзи хоча б однією гусеницею призводило до зниження маси зерна в одному качані в середньому на 32–61%, залежно від характеру пошкодження. Неважко порахувати, що навіть у разі ушкодження 50% рослин у посіві, що майже завжди спостерігається в районах масового розмноження шкідника без інсектицидного захисту, урожайність може зменшитися на 16–30%. За потенціалу продуктивності 80–100 ц/га абсолютні втрати сягатимуть 13–30 ц/га [22].

Отже, для успішного регулювання продуктивності й підвищення якості зерна кукурудзи потрібно ретельно добирати гібриди для конкретної ґрунтово-кліматичної зони з урахуванням їх біологічних вимог та розробити ефективні агрозаходи вирощування, спрямовані на процеси, які відбуваються в рослинах у різні фази їхнього росту й розвитку. Найбільш актуальною залишається проблема реалізації прийомів оперативного захисту кукурудзи від шкідливих організмів.

Метою досліджень було встановити вплив систем захисту рослин на біохімічні показники якості зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводили у 2017–2019 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН). Фактор А – гібриди кукурудзи різних групи ФАО: Степовий (ФАО 190), Скадовський (ФАО 290), Інгільський (ФАО 350), Чонгар (ФАО 420), Арабат (ФАО 430) селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. Фактор В – система захисту: контроль, обробка водою; біологічна; хімічна; інтегрована. Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для зрошуваних умов і відповідала вимогам технології виробництва кукурудзи для агроекологічних умов степової зони України. Дослідження проводили за водозберігаючого режиму зрошення.

В системі захисту використовували пестициди: Іншур® Перформ – перший двокомпонент-

ний фунгіцидний протруйник насіння зернових культур широкого спектру дії, що містить стробілури, з ефективним контролем хвороб і яскраво вираженим фізіологічним ефектом **AgCelence®**. Група 33Р – Протруйники. Виробник BASF. Діюча речовина: Піраклостробін, 40 г/л, Тритіконазол, 80 г/л. Препаративна форма – текучий концентрат для обробки насіння (т.н). Хімічна група: стробілури, триазоли. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Інсектицид Канонір Дуо – контактно-системний препарат, який захищає культурні рослини від багатьох видів комах-шкідників. Група 33Р – інсектицид. Діюча речовина: Імідаклоприд, 300 г/л, Лямбда-цигалотрин, 100 г/л. Препаративна форма – концентрована суспензія. Хімічна група: неонікотиніди і піретроїди. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – II.

Харнес (ацетохлор, 2,0 л/га) – селективний досходовий ґрунтовий гербіцид для застосування на посівах кукурудзи, засіб боротьби з однорічними злаковими бур'янами. Група 33Р – гербіцид. Діюча речовина: ацетохлор 900 г/л. Хімічний група: хлорацетаніліди. Препаративна форма – концентрована емульсія. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Мілагро (нікосульфурон, 1,0 л/га) – гербіцид для кукурудзи. Група 33Р – гербіцид. Вміст діючої речовини: 40 г/л Нікосульфурон. Хімічна група: Сульфонілсечовини. Препаративна форма: Концентрат суспензії. Клас токсичності (Класифікація ВООЗ) – III.

Біологічний інсекто-фунгіцид Гуапсин, 150 мл (Гаупсин) – біологічний інсекто-фунгіцидний препарат для захисту рослин від грибних захворювань і шкідників. Склад: водна суспензія штамів бактерії *Pseudomonas aureofaciens* B-111 (IBM B-7096) і *Pseudomonas aureofaciens* B-306 (IBM B-7097), продукти їх метаболізму, стартові дози макроелементів (N, P, K). Захищає рослини як фунгіцид від кореневих та листових хвороб, і як інсектицид від комах-шкідників; стимулює ріст кореневої системи і покращує живлення рослин; збільшує стійкість культур до заморозків і посухи; не викликає резистентності патогенів; збільшує врожайність.

Польові досліді закладено згідно методичних рекомендацій з проведення польових дослідів на зрошенні [23, 24].

Результати досліджень. Встановлено, що біохімічні якісні характеристики зерна культури залежали від систем захисту рослин та від генотипових особливостей гібридів кукурудзи.

Аналіз показників якості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи, продуктивність яких досліджували в польових досліді, довів істотний рівень коливань показників вмісту протеїну, крохмалю та жиру залежно від варіантів захисту рослин (табл. 1).

Так, під впливом досліджуваних чинників та залежно від генотипових особливостей гібридів змінювався вміст протеїну, крохмалю та олії у зерні. Максимальний вплив на формування якісних показників зерна культури спричиняв фактор А (гібрид). Серед гібридного складу, в середньому за роки досліджень, за вмістом білка істотно вирізнявся ранньостиглий гібрид Степовий (FAO 180) – 9,09 % порівняно з іншими гібридами, в яких

вміст білка варіював у межах 8,25–9,01, найменшу частку продемонстрував середньопізній гібрид Арабат (FAO 430) – 8,25 %. Середньоранній гібрид Скадовський також мав перевагу за білковістю порівняно з гібридами Інгульський, Чонгар та Арабат. Це можна пояснити генотиповими особливостями структури зернівки цих гібридів, яка має зубовидну структуру з підвищеною часткою ендосперму, що накопичує переважно крохмаль. У гібридів Степовий та Скадовський зернівка має напів-кременисту структуру, розміри зернівки менших лінійних параметрів з переважаючою часткою алейронового прошарку, що накопичує переважно білкову фракцію.

Застосування біологічного захисту рослин дещо підвищило вміст білка, проте – істотно тільки у гібридів з FAO 180...350 (Степовий, Скадовський, Інгульський). У гібридів з FAO 420...430 (Чонгар, Арабат) спостерігалась тенденція до підвищення білковості без суттєвих перевищень над контролем. Тренд зменшення дії біопрепарату з підвищенням групи FAO можливо пояснити з подовженням тривалості пошкодження шкідниками та збільшенням ураженості пошкоджених зернівок фузаріозом, що поширюється в пізні фази розвитку у зв'язку з підвищенням вологості повітря.

Хімічний захист гібридів був більш ефективним порівняно з біологічним. У гібридів усіх груп FAO білковість істотно підвищувалась порівняно з контролем. Інтегрований захист рослин був найбільш результативним порівняно з біологічним та хімічним у всіх гібридів. Інтегрований захист проявив кумулятивну дію препаратів і був найбільш ефективним щодо зменшення ураженості зернівки шкідниками та збереженості білковості зерна.

У середньому за роки досліджень зерно досліджуваних гібридів кукурудзи за варіантами містило 3,30–3,96 % жиру. Так, серед досліджуваних гібридів, найвищий вміст жиру у середньому за фактором А – 3,86 % продемонстрував середньопізній гібрид Чонгар (FAO 420), у інших гібридів цей показник вимірювався на рівні 3,62–3,84 %. Більший вміст жиру у зерні зафіксований у гібридів середньопізньої групи стиглості (FAO 420...430). Це можна пояснити генотиповими особливостями цих гібридів, які мають зернівку зубовидного типу, тому збільшення вмісту жиру відбувається за рахунок зменшення білковості, що була більшою у гібридів кременистого типу (Степовий, Скадовський).

Засоби захисту рослин сприяли істотному підвищенню вмісту жиру у всіх гібридів. Таке зростання вмісту жиру пояснюється зменшенням травмованості зерна після ураження шкідниками і хворобами. Найбільш ефективним був інтегрований захист рослин, який сприяв підвищенню вмісту жиру в зерні на 0,17...0,55 %.

Відомо, що для максимального виходу якісного етанолу найоптимальнішим є співвідношення в зерні вмісту білка менше 10% та крохмалю – більше 65%. До того ж, для повнішого використання потенціалу кукурудзи у технологіях вирощування культури для переробки на енергетичні цілі необхідно обирати гібриди, які характеризуються висо-

Таблиця 1 – Якість зерна досліджуваних гібридів кукурудзи залежно від варіантів захисту рослин, % (середнє за 2017-2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Захист рослин (фактор В)	Вміст у зерні кукурудзи			В середньому по фактору А		
		протеїн	крохмаль	жир	протеїн	крохмаль	жир
Степовий (ФАО 180)	Контроль (обробка водою)	8,50	68,0	3,30	9,09	68,5	3,62
	Біологічний	9,03	68,4	3,60			
	Хімічний	9,11	68,8	3,74			
	Інтегрований	9,38	68,8	3,85			
Скадовський (ФАО 290)	Контроль (обробка водою)	8,83	68,1	3,38	9,01	68,6	3,63
	Біологічний	9,08	68,4	3,52			
	Хімічний	9,15	68,7	3,79			
	Інтегрований	9,32	69,0	3,82			
Інгульський (ФАО 350)	Контроль (обробка водою)	8,32	68,3	3,47	8,51	69,0	3,71
	Біологічний	8,47	68,8	3,73			
	Хімічний	8,54	69,1	3,80			
	Інтегрований	8,69	69,2	3,85			
Чонгар (ФАО 420)	Контроль (обробка водою)	8,11	68,2	3,68	8,32	69,1	3,86
	Біологічний	8,22	69,4	3,89			
	Хімічний	8,30	69,1	3,90			
	Інтегрований	8,37	69,5	3,96			
Арабат (ФАО 430)	Контроль (обробка водою)	8,19	68,3	3,78	8,25	69,2	3,84
	Біологічний	8,24	69,4	3,84			
	Хімічний	8,26	69,2	3,80			
	Інтегрований	8,59	69,4	3,95			
У середньому по фактору В		8,62	68,8	3,73			
НІР ₀₅ , %	А	0,27	0,85	0,12			
	В	0,22	0,60	0,07			

ким генетично детермінованим вмістом крохмалю в зерні, що підтверджують й інші науковці [25, 26]

За вмістом крохмалю у зерні, у середньому за фактором А, переважав гібрид Арабат (ФАО 430) – 69,2 %, тоді як у інших гібридів його вміст варіював у межах 68,5–69,1 %. Вміст крохмалю в зерні був більшим у гібридів пізньої групи стиглості, що мають зернівку зубовидного типу з переважаючим вмістом ендосперму. Засоби захисту рослин мали менший вплив на показники вмісту крохмалю, а у гібридів Степовий, Скадовський, Арабат підвищення вмісту крохмалю було в межах похибки. Різниця між біологічним, хімічним та інтегрованим захистом також була мінімальною (0,2...0,6%).

Дослідженнями встановлено, що система захисту рослин (фактор В) певною мірою позначилась на якості зерна гібридів кукурудзи. Максимальний вміст протеїну – 8,37–9,38%, крохмалю – 68,8–69,4% та жиру – 3,80–3,96% спостерігався за інтегрованою системою захисту рослин.

Мінімальний вміст протеїну – 8,11–8,83%, крохмалю – 68,0–68,3% та жиру – 3,30–3,78% спостерігалась на контрольному варіанті. Слід зауважити, що якість зерна знижувалась на контрольному варі-

анті за рахунок пошкодженості зерна фузаріозними гнилями *Fusarium moniliforme* J. Sheld., кукурудзяним метеликом *Ostrinia nubilalis*.

Гусениці кукурудзяного метелика (*Ostrinia nubilalis*) розселяються по рослині у захищених місцях (у піхвах листка, під обгортками качана тощо), вгризаються в середину стебла, де живляться. Шкідливість фузаріозної кореневої і стеблової гнилі полягає у зрідженні посівів, зменшенні стеблостою, зниженні продуктивності хворих рослин. Сильне ураження кукурудзи стебловими гнилями призводить до зменшення довжини качанів, їх кількості та маси зерна. За інтегрованого захисту зараженість фузаріозними гнилями, кукурудзяним метеликом була мінімальною.

Рівень врожайності опосередковано впливає на формування основних показників якості зерна (рис.). Аналіз масиву даних вмісту протеїну у гібридів кукурудзи різних груп ФАО показав, що існує певний від'ємний кореляційний зв'язок дуже сильного рівня між показниками урожайності зерна гібридів і кількістю протеїну у зерні ($r = -0,811...-0,951$). Така кореляція пояснюється підвищенням урожайності зерна гібридів кукурудзи, при застосуванні засобів захисту

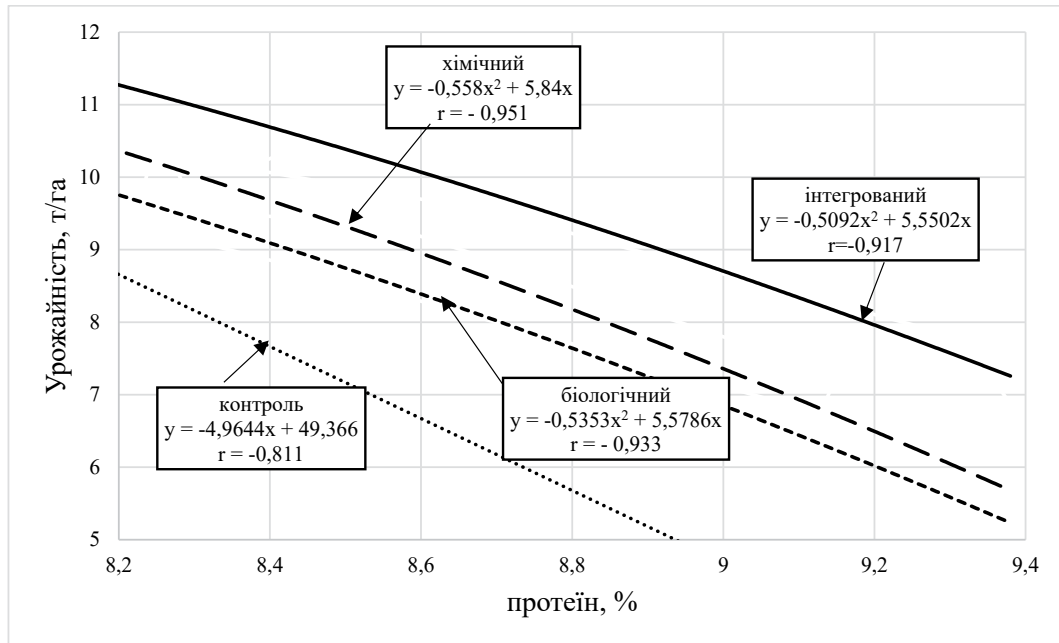


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності вмісту протеїну в зерні гібридів кукурудзи та урожайності зерна за різних систем захисту рослин

рослин, підвищенням виповненості зернівки, що відбувається за рахунок збільшення частки ендосперму, який має мінімальну частку протеїну.

Встановлено, у середньому за роки проведення досліджень, стосовно впливу систем захисту рослин на продуктивність різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи при зрошенні в умовах півдня України, гібриди всіх досліджуваних груп ФАО – від ранньої до середньої і пізньої, забезпечували максимальну врожайність зерна за дотримання інтегрованого захисту рослин (табл. 2).

Дослідження ранньостиглих гібридів (Степовий, ФАО 180; Скадовський, ФАО 290) показало, що використання біологічного захисту рослин істотно підвищувало урожайність зерна на 7,9–14,3%. При вирощуванні гібриду Степовий (ФАО 180) біологічний захист рослин (урожайність 6,39 т/га) виявився більш ефективним, ніж хімічний (урожайність 6,25 т/га). У всіх гібридів кукурудзи найбільш ефективним засобом захисту рослин був інтегрований і сприяв підвищенню урожайності зерна на 1,07...1,71 т/га. Найбільша прибавка урожайності зерна від застосування інтегрованого захисту рослин була зафіксована у пізньостиглого гібриду Арабат, що пов'язано з подовженою його вегетацією та підвищеним терміном ураженості шкідниками та хворобами.

Висновки. Встановлено, що формування біохімічних показників якості зерна кукурудзи зумовлюється впливом технологічних чинників, а їх рівень залежить від генотипових особливостей гібридів та специфіки дії засобів захисту.

Встановлено, що система захисту рослин певною мірою позначилась на якості зерна гібридів кукурудзи. Максимальний вміст протеїну – 8,37–9,38%, крохмалю – 68,8–69,4% та жиру – 3,80–3,96% спостерігався за інтегрованої системи захисту рослин.

Гібриди кукурудзи всіх досліджуваних груп ФАО забезпечували підвищення урожайності зерна при застосуванні біологічного та хімічного захисту рослин.

Таблиця 2 – Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від системи захисту рослин, т/га (середнє за 2017-2019 рр.)

Гібрид (фактор А)	Захист рослин (фактор В)				Середнє по фактору А
	без захисту	біологічний	хімічний	інтегрований	
Степовий (ФАО 180)	5,43	6,39	6,25	6,87	6,23
Скадовський (ФАО 290)	6,30	6,88	7,28	7,77	7,06
Інгільський (ФАО 350)	8,38	8,67	9,39	9,53	8,99
Чонгар (ФАО 420)	9,05	9,33	9,51	10,12	9,50
Арабат (ФАО 430)	9,41	10,15	10,54	11,12	10,31
Середнє по фактору В	7,72	8,28	8,59	9,08	8,42
НІР ₀₅ часткових відмінностей, : А – 0,23; В – 0,19 головних ефектів, : А – 0,12; В – 0,08					

лин. Застосування біологічного захисту рослин від шкідників і хвороб має перспективи в біологічному землеробстві.

У всіх гібридів кукурудзи найбільш ефективним засобом захисту рослин був інтегрований, що сприяв підвищенню урожайності зерна на 1,07...1,71 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ващенко І. В. Теоретичні засади та сучасний стан розвитку ринку кукурудзи. *Економіка АПК*. 2017. № 2. С. 88–92.

2. Маслак О. Ринок кукурудзи врожаю 2016 р. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 20 (339). С. 5–6.

3. Ткачук О. П., Бондаренко М. І. Формування урожайності та якості зерна повторних посівів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. № 129. С. 139–145. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.18>.

4. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. 6 (Т.1). С. 7–13.

5. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 169–176. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811&21>.

6. Фурман І. Перспективи виробництва біогазу та біоетанолу на спиртових заводах. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 36. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1163/1120>. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-42>.

7. Шаповаленко О. І., Рибчинський Р. С., Кустов І. О. Технологічна характеристика зерна кукурудзи. *Наукові праці*. 2019. Том 83, Вип. 2. С. 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531>

8. Основи насінництва (теорія, методологія, практика): монографія / Паламарчук В. Д., Доронін В. А., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 392 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=30594>

9. Лавриненко Ю. О., Рубан В. Б., Михайленко В. Б. Наукове обґрунтування технології вирощування кукурудзи при краплинному способі поливу: монографія. Херсон: Айлант, 2014. 198 с.

10. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138>.

11. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічно безпечного розвитку сільських територій: монографія / Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069>.

12. Осокіна Н. М., Костецька К. В., Євчук Я. В. Технологічні властивості зерна гібриду кукурудзи ПР39Б58. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 86(1). С. 37–43.

13. Palamarchuk V., Solomon A. Research of the corn assimilation surface formation depending on foliar

feeding. *Feeds and Feed Production*. 2021. № 92. P. 82–94.

14. Круть М. В. Успіх боротьби з кукурудзяним метеликом. *Пропозиція*. 2005. № 4. С. 92.

15. Бахмут О. О. Кукурудзяний метелик. Стійкість нових гібридів і сортів культури з його пошкоджень. *Захист рослин*. 2001. № 9. С. 14–15.

16. Гончаров О. Бавовникова совка: життя та смерть у фотографіях *Агроексперт: практичний посібник аграрії*. 2017. № 7. С. 28–33.

17. Ляска Ю. М., Стригун О. О. Видовий склад основних шкідників агроценозу кукурудзи Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 2. С. 45–52.

18. Дудка В. В. Зернові культури на краплинному зрошенні. *Пропозиція*. 2013. № 3–4 (213–214). С. 72–82.

19. Мельничук Ф. С., Мельничук Л. М., Алексєєва С. А., Лікар С. П. Вплив стеблового кукурудзяного метелика на розвиток фузаріозу качана. *Карантин і захист рослин*. 2017. № 10–12. С. 21–24.

20. Федоренко В. П., Гуляк Н. В. Шкідливість стеблового кукурудзяного метелика в посівах кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2013 № 4. С. 27–29.

21. Довгань С. В. Агроекологічне обґрунтування моделей прогнозу розвитку та розмноження стеблового (кукурудзяного) метелика в Україні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 4. С. 59–63.

22. Vozhehova R., Marchenko T., Piliarska O. et al. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. Vol. 21, Issue 4. P. 611–619. managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.21_4/volume_21_4_2021.

23. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грін Д. С., 2014. 286 с.

24. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 381 с.

25. Рибалка О. І., Червоніс М. В., Моргун Б. В. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистиляційного напрямку технологічного використання зерна. *Фізіологія та біохімія культурних рослин*. 2013. Т. 45. № 1. С. 3–19.

26. Прядкіна Г. О., Михальська Л. М., Швартау В. В. Крохмаль у зерні кукурудзи як сировина для виробництва біоетанолу. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 40–41.

REFERENCES:

1. Vashchenko, I.V. (2017). Teoretychni zasady ta suchasnyi stan rozvytku rynku kukurudzy [Theoretical foundations and current state of corn market development]. *Ekonomika APK – Economics of the Agricultural Industry*, 2, 88–92 [in Ukrainian].

2. Maslak, O. (2016). Rynok kukurudzy vrozhaiu 2016 r. [Corn market of the 2016 harvest]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 20(339), –6 [in Ukrainian].

3. Tkachuk, O.P., & Bondarenko, M.I. (2023). Formuvannia urozhainosti ta yakosti zerna povtornykh posiviv kukurudzy [Formation of yield and grain quality of repeated corn crops]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*, 129, 139–145. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.18> [in Ukrainian].
4. Mazur, V.A., & Shevchenko, N.V. (2017). The influence of technological methods of cultivation on the formation of grain quality indicators [Vplyv tekhnologichnykh pryimiv vyroshchuvannia na formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, 6(1), 7–13 [in Ukrainian].
5. Kaletnik, H.M. (2018). Dyversyfikatsiia rozvytku vyrobnytstva biopalyv – osnova zabezpechennia prodovolchoi, enerhetychnoi, ekonomichnoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy [Diversification of the development of biofuel production is the basis for ensuring food, energy, economic and environmental security of Ukraine]. *Visnyk aharnoï nauky – Bulletin of Agricultural Science*. 11, 169–176. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811&21> [in Ukrainian].
6. Furman, I. (2022) Prospects for biogas and bioethanol production at alcohol plants [Perspektyvy vyrobnytstva biohazu ta bioetanolu na spyrtovykh zavodakh]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 36, 1120. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-42> [in Ukrainian].
7. Shapovalenko, O., Kustov, I., & Rybchynskyi, R. (2019). Tekhnologichna kharakterystyka zerna kukurudzy [Technological characteristics of corn grain]. *Scientific Works – Scientific Works*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonft.v2i83.1531> [in Ukrainian].
8. Palamarchuk, V.D., Doronin, V.A., Kolisnyk, O.M., & Alekseev, O.O. (2022). *Osnovy nasinnieznavstva (teoriia, metodolohiia, praktyka) [Fundamentals of seed science (theory, methodology, practice)]*. Vinnytsia: Druk LLC, 392. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=30594> [in Ukrainian].
9. Lavrynenko, Yu.O., Ruban, V.B., & Mykhailenko, V.B. (2014). *Naukove obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy pry kraplynnomu sposobi polyvu [Scientific justification of corn growing technology using drip irrigation]*. Kherson: Ailant, 198 [in Ukrainian].
10. Poliakov, V.I. (2020). Osoblyvosti formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy zalezno vid kompleksu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Peculiarities of formation of qualitative indicators of corn grain depending on the complex of elements of cultivation technology]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*, 2., 132–138. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138> [in Ukrainian].
11. Kaletnik, G.M., Palamarchuk, V.D., Goncharuk, I.V., Yemchik, T.V., & Telekalo, N.V. (2021). Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku sil'skykh terytorii [Prospects for the use of corn for energy-efficient and environmentally safe development of rural areas]. Vinnytsia, 260. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069> [in Ukrainian].
12. Osokina, N.M., Kostetska, K.V., & Yevchuk, Ya.V. (2014). Tekhnologichni vlastyvoli zerna hibrydu kukurudzy PR39B58 [Technological properties of corn hybrid grain PR39B58]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoï natsionalnoï universytetu sadivnytstva – Collection of scientific papers of the Uman National University of Horticulture*, 86(1), 37–43 [in Ukrainian].
13. Palamarchuk, V., & Solomon, A. (2021). Research of the corn assimilation surface formation depending on foliar feeding. *Feeds and Feed Production*, 92, 82–94.
14. Krut, M.V. (2005). Uspikh borotby z kukurudzianym metelikom [Success in the fight against the corn borer]. *Propozytsiia – Proposa*, 4, 92 [in Ukrainian].
15. Bakhmut, O.O. (2001). Kukurudzianyi metelyk. Stiikist novykh hibrydiv i sortiv kultury z yoho poshkodzhen [Corn moth. Resistance of new hybrids and crop varieties to its damage]. *Zakhyst roslyn – Plant Protection*, 9, 14–15 [in Ukrainian].
16. Honcharov, O. (2017). Bavovnykova sovka: zhyttia ta smert u fotohrafiiakh [Cotton Scops: Life and Death in Photographs]. *Ahroekspert: praktychnyi posibnyk aharii – Agroexpert: Practical Guide for Agrarians*, 7, 28–33 [in Ukrainian].
17. Liaska, Yu.M., & Stryhun, O.O. (2019). Vydovyi sklad osnovnykh shkidnykiv ahrotsenozu kukurudzy Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The species composition of the main pests of the corn agrocenosis of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk PDAA – PDAA Bulletin*, 2, 45–52 [in Ukrainian].
18. Dudka, V.V. (2013). Zernovi kultury na kraplynnomu zroshenni [Cereal crops on drip irrigation]. *Propozytsii – Proposal*, 3–4(213–214), 72–82 [in Ukrainian].
19. Melnychuk, F.S., Melnychuk, L.M., Alekseeva, S.A., & Likar, S.P. (2017). Vplyv steblovoho kukurudzianoho metelyka na rozvytok fuzariozu kachana [The influence of the corn stem borer on the development of fusarium head blight]. *Karantyn i zachyst roslyn – Quarantine and Plant Protection*, 10–12, 21–24 [in Ukrainian].
20. Fedorenko, V.P., & Gulyak, N.V. (2013). Shkidlyvist steblovoho kukurudzianoho metelyka v posivakh kukurudzy [Harmfulness of the corn stem borer in corn crops]. *Visnyk aharnoï nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 4, 27–29 [in Ukrainian].
21. Dovgan, S.V. (2009). Ahroekolohichne obgruntuvannia modelei prohnozu rozvytku ta rozmnozhenntia steblovoho (kukurudzianoho) metelyka v Ukraini. [Agroecological substantiation of models for the forecast of the development and reproduction of the stem (corn) moth in Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoï akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 59–63 [in Ukrainian].
22. Vozhehova, R., Marchenko, T., Piliarska, O., Lavrynenko, Y., Halchenko, N., & Lykhovyd, P. (2021). Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(4), 611–619.
23. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D. S., 448 [in Ukrainian].
24. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2013). *Statystychnyi analiz rezul'tativ polovykh doslidiv u zemlerobstvi [In Statistical*

analysis of field experiment results in agriculture]. Kherison: Ailant, 381 [in Ukrainian].

25. Rybalka, O.I., Chervonis, M.V., & Morgun, B.V. (2013). Henetychni ta selektsiini kryterii stvorennia sortiv zernovykh kultur spyrtu-dystyliatsiinoho napriamu tekhnolohichnoho vykorystannia zerna [Genetic and selection criteria for creating varieties of grain crops for the alcohol-distillation direction of technological use of grain]. *Fiziologiya ta biokhimiia kulturnykh roslyn – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 45(1), 3–19 [in Ukrainian].

26. Pryadkina, G.O., Mykhal'ska, L.M., Shvartau, V.V. (2013). Krokhmal u zerni kukurudzy yak syrovyna dlia vyrobnytstva bioetanolu [Starch in corn grain as a raw material for bioethanol production]. *Bioenerhetyka – Bioenergetics*, 2, 40–41 [in Ukrainian].

Лікар Я.О., Гадзало Я.М., Вожегова Р.А. Продуктивність та біохімічні показники якості зерна гібридів кукурудзи залежно від різних схем захисту рослин

Мета статті – встановити вплив систем захисту рослин на показники якості зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО. **Методи дослідження.** Застосовано сукупність загальнонаукових методів і підходів емпіричного та теоретичного пізнання: абстрактно-логічний, статистичний, моделювання, узагальнення. **Результати досліджень.** Встановлено, що якісні характеристики зерна культури залежали від систем захисту рослин та від генотипових особливостей гібридів кукурудзи. Дослідженнями встановлено, що система захисту рослин (фактор В) певною мірою позначилась на якості зерна гібридів кукурудзи. Максимальний вміст протеїну – 8,37–9,38%, крохмалю – 68,8–69,4% та жиру – 3,80–3,96% спостерігався за інтегрованої системи захисту рослин. Рівень врожайності опосередковано впливає на формування основних показників якості зерна. Аналіз масиву даних вмісту протеїну у гібридів кукурудзи різних груп ФАО показав, що існує певний від'ємний кореляційний зв'язок дуже сильного рівня між показниками урожайності зерна гібридів і кількістю протеїну у зерні ($r = -0,811 \dots -0,951$). Така кореляція пояснюється підвищенням урожайності зерна гібридів кукурудзи, при застосуванні засобів захисту рослин, підвищенням виповненості зернівки, що відбувається за рахунок збільшення частки ендосперму, який має мінімальну частку протеїну. Дослідження ранньостиглих гібридів показало, що використання біологічного захисту рослин істотно підвищувало урожайність зерна на 7,9–14,3%. При вирощуванні гібриду Степовий (ФАО 180) біологічний захист рослин (урожайність 6,39 т/га) виявився більш ефективним, ніж хімічний (урожайність 6,25 т/га). У всіх гібридів кукурудзи найбільш ефективним засобом захисту рослин був інтегрований і сприяв підвищенню урожайності зерна на 1,07...1,71 т/га. Найбільша прибавка урожайності зерна від застосування інтегрованого захисту рослин була зафіксована у пізньостиглого гібриду Арабат, що пов'язано з подовженою його вегетацією та підвищенням терміном ураженості шкідниками та хворобами. **Висновки.** Встановлено, що формування показників якості зерна кукурудзи зумовлюється впливом технологічних чинників, а їх рівень залежить від генотипових особливостей гібридів та специфіки дії засобів захисту. Встановлено, що система захисту рослин певною мірою позначилась на якості зерна

гібридів кукурудзи. Максимальний вміст протеїну – 8,37–9,38%, крохмалю – 68,8–69,4% та жиру – 3,80–3,96% спостерігався за інтегрованої системи захисту рослин. Гібриди кукурудзи всіх досліджуваних груп ФАО забезпечували максимальну врожайність зерна за дотримання інтегрованого захисту рослин.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, система захисту рослин, протеїн, жир, крохмаль, урожайність.

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. Productivity and grain quality of maize hybrids depending on various plant protection schemes in the southern steppe under irrigation conditions

The purpose – to establish the influence of plant protection systems on grain quality indicators of maize hybrids of different FAO groups. **Research methods.** A set of general scientific methods and approaches of empirical and theoretical knowledge was applied: abstract-logical, statistical, modeling, generalization. **Research results.** It was established that the qualitative characteristics of the grain of the crop depended on the plant protection systems and on the genotypic characteristics of maize hybrids. The studies established that the plant protection system (factor B) to some extent affected the grain quality of maize hybrids. The maximum protein content of 8.37–9.38%, starch content of 68.8–69.4% and fat content of 3.80–3.96% was observed under the integrated plant protection system. The yield level indirectly affects the formation of the main indicators of grain quality. Analysis of the data set of protein content in maize hybrids of different FAO groups showed that there is a certain negative correlation of a very strong level between the grain yield indicators of hybrids and the amount of protein in the grain ($r = -0.811 \dots -0.951$). This correlation is explained by the increase in grain yield of corn hybrids, when using plant protection products, by the increase in grain fullness, which occurs due to an increase in the proportion of endosperm, which has a minimum share of protein. A study of early-ripening hybrids showed that the use of biological plant protection significantly increased grain yield by 7.9–14.3%. When growing the Steppe hybrid (FAO 180), biological plant protection (yield 6.39 t/ha) turned out to be more effective than chemical (yield 6.25 t/ha). In all maize hybrids, the most effective means of plant protection was integrated and contributed to an increase in grain yield by 1.07...1.71 t/ha. The greatest increase in grain yield from the use of integrated plant protection was recorded in the late-ripening Arabat hybrid, which is associated with its extended vegetation and increased period of damage by pests and diseases. **Conclusions.** It was established that the formation of maize grain quality indicators is determined by the influence of technological factors, and their level depends on the genotypic characteristics of hybrids and the specificity of the action of protective agents. It was established that the plant protection system to a certain extent affected the grain quality of corn hybrids. The maximum protein content – 8.37–9.38%, starch – 68.8–69.4% and fat – 3.80–3.96% was observed with an integrated plant protection system. Maize hybrids of all studied FAO groups provided maximum grain yield with compliance with integrated plant protection.

Key words: maize, hybrid, plant protection system, protein, fat, starch, yield.