

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТУ «АНТИСТРЕС» НА ВРОЖАЙНІСТЬ РІЗНИХ ЗА СТІЙКІСТЮ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ НА ҐРУНТАХ ЗА НАДЛИШКОВОГО ВМІСТУ ХРОМУ І НІКЕЛЮ

Гришко В.М., Лисенко О.І.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака, 50, 50089, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
vitgryshko@i.ua, olyalis080991@gmail.com

Сьогодні досить актуалізована проблема високого рівня надходження поллютантів у навколишнє середовище, яке призводить до незбалансованого розвитку агроєкосистем в Україні. Обґрунтовану тривогу викликає зростання забруднення важкими металами, пов'язане із промисловою діяльністю людини та агротехногенним навантаженням. У статті розглянуто результати дрібноділяночного польового дослідження впливу надлишкового вмісту в чорноземах звичайних сполук хрому і нікелю на показники врожайності різних гібридів кукурудзи, районованих у степовій частині України, та можливості використання вітчизняного регулятора росту рослин «Антистрес» для пом'якшення негативної дії забруднення. Схема варіантів польового дослідження: контроль (не забруднений ґрунт); 5ГДКNi²⁺+5ГДКCr³⁺; 20ГДКNi²⁺+20ГДКCr³⁺; 5ГДКNi²⁺+5ГДКCr³⁺+ «Антистрес» і 20ГДКNi²⁺+20 ГДК Cr³⁺+«Антистрес». У досліді використовували сполуки NiSO₄ Cr₂(SO₄)₃ ГДК для Cr розраховували як 6,0 і Ni – 4,0 мг/кг ґрунту в перерахунку на глибину 0-15 см. За умов мінімального надлишкового вмісту хрому і нікелю (5 ГДК) в чорноземі звичайному зафіксовано зменшення кількості рядів зерен у качані та зерен у качані для гібриду Євро 401 СВ по відношенню до контролю на 8-11%, у порівнянні з гібридом Премія 190 МВ. За максимального надлишкового рівня внесених елементів (20 ГДК) в останнього гібриду спостерігалось на 23-34% менше зниження всіх досліджених показників, ніж у рослин Євро 401 СВ. Використання регулятора росту має певні особливості в гібридів як різних строків стиглості насіння, так і металочутливості. У більш резистентного до надлишкового вмісту іонів металів в ґрунті гібриду Премія 190 МВ, який відноситься до ранньостиглої групи, позитивний ефект препарату «Антистрес» у варіанті за мінімального внесення надлишку металів призводить до збільшення усіх показників на 13-28% по відношенню до варіанту без регулятора росту. За максимального внесення надлишку металів найсуттєвіше зростала кількість зерен у качані (на 31%). Для менш металостійкого гібриду (Євро 401 СВ) підвищення значень досліджених показників на тлі дії хрому і нікелю в максимальній концентрації коливалось в межах 28-40%. Доведено, що за мінімальної концентрації хрому і нікелю відбувається зниження урожайності гібриду Премія 190 МВ на 33,2, а у Євро 401 СВ 58,8 ц/га. Використання регулятора росту підвищує врожайність гібридів кукурудзи на 28-33%. *Ключові слова:* хром, нікель, забруднення ґрунтів, кукурудза; гібриди регулятор росту, врожайність.

The effectiveness of the preparation “Antistress” for the yield of children for the stiffness of corn hybrids on the soil for excess chromium and nickel. Gryshko V., Lysenko O.

Today, the problem of high levels of pollutants in the environment, which leads to unbalanced development of agroecosystems in Ukraine, is quite relevant. There is a well-founded concern about the increase in heavy metal pollution associated with human industrial activities and agro-man-made loads. The article considers the results of a small-scale field experiment on the effect of excess content of common chromium and nickel compounds in chernozems on yields of various maize hybrids located in the steppe part of Ukraine and the possibility of using native plant growth regulator “Antistress” to mitigate the negative impact of pollution. Scheme of variants of field experiment: control (not contaminated soil); 5MPC Ni²⁺+5MPC Cr³⁺; 20MPC Ni²⁺+ 20MPC Cr³⁺; 5MPC Ni²⁺+5MPC Cr³⁺+ “Antistress” and 20MPC Ni²⁺+20 MPC Cr³⁺+ “Antistress”. In experiments using compound NiSO₄ Cr₂(SO₄)₃ MAC for Cr was calculated as 6.0 and Ni – 4.0 mg/ g of soil in terms of depth of 0-15 cm. Under conditions of minimal excess content of chromium and nickel (5 MPC) in ordinary chernozem, a decrease in the number of rows of grains in the cob and grains in the cob for the hybrid Euro 401 SV was recorded compared to the control by 8-11%, compared to the hybrid Premium 190 MV. At the maximum excess level of introduced elements (20 MPC) in the last hybrid there was a 23-34% smaller decrease in all studied indicators than in Euro 401 SV plants. The use of growth regulator has certain features in hybrids with different maturity of seeds and metal sensitivity. The use of growth regulator has certain features in hybrids with different maturity of seeds and metal sensitivity. In more resistant to excessive content of metal ions in the soil hybrid Premium 190 MW, which in addition belongs to the early group, the positive effect of the preparation “Antistress” in the variant with the minimum excess metal leads to an increase in all indicators 13-28% compared to the variant without growth regulator for maximum excess metal making the most significant increase in the number of grains in the cob (31%). For a less metal-resistant hybrid (Euro 401 JI), the increase in the values of the studied parameters against the background of the action of chromium and nickel in the maximum concentration ranged from 28-40%. It is proved that at the minimum concentration of chromium and nickel there is a decrease in the yield of the hybrid Premium 190 MV by 33.2, and in Euro 401 SV 58.8 c/ha. The use of growth regulator increases the yield of maize hybrids by 28-33%. *Key words:* chromium, nickel, soil pollution, maize; hybrids growth regulator, yield.

Постановка проблеми. Зважаючи на високий потенціал продуктивності сучасних гібридів кукурудзи та середню врожайність в Україні, яка коливалась у 2018 році в областях від 29,4 (Донецька) до 104,3 ц/га (Волинська), можна констатувати низьку реалізацію потенціалу продуктивності культури.

Ураховуючи, що рослини кукурудзи засвоюють значну кількість мікроелементів і досить чутливі до їх нестачі на певних етапах росту і розвитку, актуальною є оптимізація живлення та застосування комплексу заходів хімізації, зокрема макро- та мікродобрив [1; 2]. Поряд із позитивними моментами використання добрив треба враховувати і можливе підвищення в ґрунтах, іноді до критичного рівня, вмісту рухомих форм деяких елементів, особливо коли добрива або інші засоби хімізації використовуються систематично. Так, за внесення нітроамфоски в дозі 109 кг/га у ґрунт надходить 4,22 г нікелю та до 5 г – хрому. Особливо таке може бути небезпечним у ґрунтах з підвищеною кислотністю [3; 4].

Іншим чинником, який призводить до акумуляції надлишкової кількості іонів металів в едафотопі, може бути функціонування промислових об'єктів гірничометалургійного комплексу та теплових електростанцій, де якості як паливо використовується вугілля [5; 6]. Зокрема, щорічно в атмосферне повітря Кривого Рогу сумарно надходить близько 6 т сполук нікелю і хрому в перерахунку на відповідний елемент [7]. Враховуючи, що така кількість хрому та нікелю у вигляді аерозолів та пилових часток осідає на ґрунти, як урболандшафтів, так і земель сільськогосподарського призначення, які часто безпосередньо межують з підприємствами, виникає потенційна загроза забруднення останніх.

Актуальність досліджень та аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні актуальним є не тільки вивчення екологічних та фізіологічних ефектів, зумовлених збалансуванням вмісту в ґрунті доступних для рослин елементів, зокрема важких металів, а також пошук можливості пом'якшення негативної їх дії за підвищеного рівня. Таке може вирішуватися не лише селекційно-генетичними методами [8; 9] а й застосуванням регуляторів росту рослин [10], мікродобрив та бактеріальних препаратів [11], які все більше стають невід'ємними елементами інтенсивних технологій вирощування кукурудзи [12]. Серед таких засобів останнім часом все більше використовуються вітчизняні плівкоутворюючі препарати біологічно-активних речовин із підвищеними кріопротекторними і адаптогенними властивостями, до яких належить «Антистрес» [13]. У більшості публікацій показано позитивний ефект цього препарату на зернових культурах. Так, в умовах Дніпропетровщини інкрустація насіння ячменю озимого «Антистресом» підвищувала до 10% виживаності рослин після перезимівлі та зростання на 0,2 т/га врожайності [14]. Обробка рослин озимої пшениці в фазу кушіння призводила до поліпшення біометричних параметрів їх органогенезу та елементів структури посівів: збільшувалась кількість стебел на одній рослині до 12,5%, вузлових коренів – до 12% та вузол кушіння розташовувався глибше на 0,5 см. Також спостерігалось збільшення на 9,4% маси надземної частини рослин після перезимівлі

та кількості рослин і продуктивних стебел із розрахунку на м² посівів на 8 і 4% відповідно, а також на 4% маси 1000 насінин та урожайності (залежно від попередника) до 0,53 т/га [15]. Комплексне використання препаратів «Деймос» (інкрустація насіння) та «Антистрес» (обробка вегетуючих посівів восени) в господарствах Київщини сприяло підвищенню відсотку виживаності рослин озимої пшениці після перезимівлі на 16-21% [16]. Автори пояснюють такий ефект препарату підвищенням у вузлах кушіння вмісту цукрів, які є кріопротекторами. Проте можливість їх застосування для зменшення негативної дії надлишкового вмісту хрому і нікелю майже не досліджена. Тому метою роботи було з'ясування впливу надлишкових концентрацій нікелю і хрому на врожайність кукурудзи та ефективність реалізації захисної функції препарату «Антистрес» для пом'якшення негативної сумісної дії цих важких металів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Однією із причин незбалансованого розвитку агроєкосистем в Україні вітчизняні вчені вважають високий рівень техногенного забруднення навколишнього природного середовища. Найбільш поширеними поліюантами є важкі метали, які здебільшого відносяться до класів підвищеної небезпеки. Робота є продовженням наукових досліджень, що виконувалися в Криворізькому саду НАН України, а саме: «Роль антиоксидантних ферментних систем у формуванні адаптаційного синдрому рослин за сумісної дії ксенобіотиків та біологічні процеси трансформації сполук азоту в техногенних едафотопі» (0111U005106); «Фізіолого-біохімічні і цитогенетичні особливості адаптації рослин до стресової дії важких металів та процеси біологічної мобілізації сполук карбону і нітрогену в технозомах» (0116U003465), і виконуються в установі зараз: «Фізіологічний сигналінг у трав'янистих рослин за стресової дії важких металів» (0121U100358).

Новизна. Уперше встановлені залежності зменшення господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи від рівня надлишкового сумісного внесення сполук хрому і нікелю в ґрунти. В умовах дрібноділяночних польових дослідів на чорноземі звичайному доведено, що в різних за термінами стиглості гібридів найсуттєвіше (на 50-85%) знижується кількість рядів зерен у качані, зерен в ряду, зерен у качані та врожайність. Вплив забруднення суттєвіше проявляється у середньопізнього гібриду кукурудзи (Євро 401 СВ). Використання регулятора росту «Антистрес» призводить до пом'якшення негативної дії забруднення на елементи структури врожаю та врожайність кукурудзи (урожайність зростає на 27-33%).

Методологічне або загальнонаукове значення. Під час виконання роботи використовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи досліджень: польовий експеримент та камеральну обробку результатів. Об'єктами досліджень були рослини

гібридів кукурудзи Премія 190 МВ (ФАО 190) і Євро 401 СВ (ФАО 400), районів у степовій зоні України, насіння яких надала Науково виробнича фірма «Компанія Маїс» (м. Синельникове, Дніпропетровської області) [17]. Дослідження проводили в дрібноділяночному польовому досліді за методикою Доспехова [18], який було закладено на дослідному полі навчально-наукового центру Дніпровського державний аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпропетровської області). Грунт – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесі. Основні його агрохімічні показники наступні: глибина гумусового горизонту 60-65 см, вміст гумусу в орному шарі 3,5-4,0%, валового азоту 0,23-0,26%, фосфору 0,11-0,12% і калію -2,0-2,5%. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН водної витяжки 6,5-7,0).

Трифакторний дослід проводився в зернопаропросапній сівозміні з чергуванням культур: чистий пар – озимий ячмінь – кукурудза – соняшник: перший фактор – гібриди різної групи стиглості та стійкості до сполук хрому і нікелю (Премія 190 МВ – ранньостиглий і Євро 401 СВ – середньопізній) [17; 19; 20]; другий – різні рівні забруднення ґрунту водними розчинами $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ та NiSO_4 і третій – використання регулятора росту «Антистрес».

Схематичний дослід: контроль (незабруднений ґрунт); 5ГДК Ni^{2+} +5ГДК Cr^{3+} ; 20ГДК Ni^{2+} +20ГДК Cr^{3+} ; 5ГДК Ni^{2+} +5ГДК Cr^{3+} + «Антистрес» і 20ГДК Ni^{2+} +20ГДК Cr^{3+} + «Антистрес» з розрахунку ГДК для Cr – 6,0 і Ni – 4,0 мг/кг ґрунту (та перерахунку на глибину боронування 0-15 см). Ділянки польового досліді розташовувалися на вирівняних за природною родючістю і рельєфом клинах сівозміні. Водні розчини сульфатних солей хрому та нікелю вносилися після проведення вирівнювання дослідної ділянки боронами і розбивки дослідного поля на окремі ділянки відповідно до схеми польового досліді. Посівна площа ділянки 50м², облікова 20м², повторність в польовому досліді триразова.

Висівання гібридів кукурудзи проводили в оптимальні строки при стійкому прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до +10-12 °С. Для вивчення можливої протекторної дії на рослини кукурудзи використовувався регулятор росту «Антистрес» у рекомендованій виробником ПП «ВКФ «Імпторгсервіс» (м. Дніпро, Дніпропетровська область) дозі – 0,68кг/т насіння при інкрустації. Завдяки тому, що до його складу входять монофосфат калію (сприяє інтенсивному росту кореневої системи на початку онтогенезу рослин), диметилсульфоксид (забезпечує інтенсивне проникнення дегідрофосфат аніону через біологічну мембрану), спиртова витяжка з гриба-ендофіта та гумінові кислоти (сприяють інтенсифікації поділу меристемних клітин проростків та забезпечує фунгіцидну активність) і багатокомпонентний препарат «Марс ЕЛ» (утворює міцну, прозору, еластичну та проникну для

води плівку на поверхні насіння), препарат має кріопротекторні і адаптогенні властивості [21].

Збирання врожаю качанів кукурудзи проводили вручну з кожної ділянки окремо. Із них відбирали по дві проби масою 5 кг кожна. Після висушування до повітряно-сухого стану проби зважували і обмолочували. Після їх обмолоту на лабораторній молотарці ЛКМ 2-61 та висушування проводили розрахунок урожайності зерна за стандартної 14% вологості. Для структурного аналізу врожаю відбиралися 10 качанів з облікової ділянки, на яких після висушування вимірювали довжину та діаметр качана, кількість рядів зерен і зерен у ряду, масу 1000 зерен [22; 23]. Статистичну обробку результатів аналітичних, біометричних та врожайності проводили на основі статистичної вибіркової сукупності за методикою [18] і пакетів програм MicrosoftExcel і Agrostat.

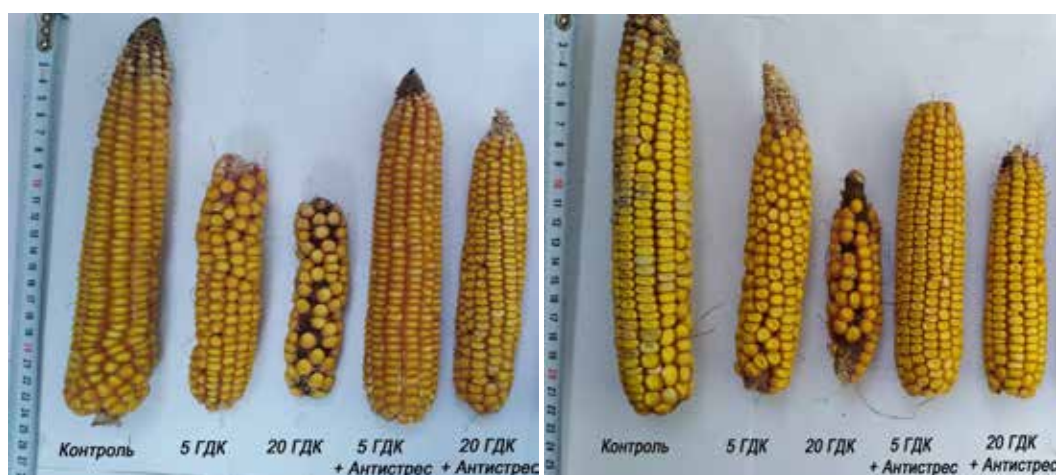
Виклад основного матеріалу. Отримані результати показали, що внесення сполук хрому і нікелю у ґрунт призводить до неоднозначного впливу на морфометричні показники качанів. У ранньостиглого гібриду Премія 190 МВ, довжина качана статистично достовірно (T_{st} – фактичне значення t-критерію Стьюдента) зменшується під час внесення до ґрунту сполук хрому та нікелю в концентрації 5 ГДК на 32%, а 20 ГДК – на 55% до контролю, тоді як діаметру качана – на 11 і 28% відповідно (табл. 1, рис. 1). Тоді як качани середньопізнього гібриду Євро 401 СВ формуються більшою мірою меншими за діаметром (до 8% під впливом внесених сполук в концентрації 5 ГДК) порівняно з їх довжиною, або вплив більш високих концентрацій іонів призводив до зменшення в однаковій мірі як діаметру, так і довжини качанів. Проте необхідно констатувати, що загальною закономірністю вирощування гібридів кукурудзи під час внесення надлишку іонів хрому і нікелю є формування менших за розмірами качанів при підвищеному (до 20 ГДК) рівні важких металів у ґрунті. Наприклад, у гібриду Премія 190 МВ довжина качана зменшується від 64,4 до 45,2 % відносно контролю, а діаметр від 89,4 до 72,5 відповідно.

Передпосівна інкрустація насіння препаратом «Антистрес» сприяє зменшенню негативного впливу хрому і нікелю на розміри качанів обох гібридів кукурудзи (табл. 1, рис. 1). Проте необхідно підкреслити, що в рослин ранньостиглого гібриду, який, крім того, проявляє себе як стійкий до сумісного впливу хрому і нікелю гібрид, під впливом обох концентрацій сполук металів діаметр качанів статистично достовірно не відрізняється від контрольного варіанту, тоді як у менш стійкого гібриду (Євро 401 СВ) вона статистично достовірно зменшується за максимального внесення іонів металів до ґрунту. Наведені в таблиці 1 результати свідчать, що обробка насіння регулятором росту сприяє суттєвішому збільшенню довжини качанів у гібриду Премія 190 МВ на тлі максимальної концентрації важких металів (від 45,2 до 78,4% до контролю), тоді як у рослин гібриду Євро

401 СВ воно становить лише 16%. Kaliyan та Morey показали, що до основних складових елементів продуктивності кукурудзи, які впливають на формування врожайності та швидкості втрати вологи зерном, належать такі морфометричні ознаки, як довжина та діаметр качана і стрижня, кількість рядів зерен і кількість зерен у ряду [24]. Тому можна припустити, що стабілізація розмірів качанів на рівні контролю за дії регулятора росту «Антистрес» є позитивною реакцією гібридів при надлишку сполук хрому і нікелю. Встановлене є важливим особливо для ранньостиглих гібридів під час вирощування кукурудзи на зерно, тому що використання сучасних комбайнів із прямим обмолотом зерна потребує раннього дозрівання і сухого насіння [25].

Результати визначення кількісних ознак зерен у качані, які належать до господарсько-цінних характеристик гібридів кукурудзи при визначенні як фактичної, так і потенційної врожайності, представлені в таблиці 2. За умов мінімального надлишкового вмісту хрому і нікелю в чорноземі звичайному зафіксовано зменшення таких показників, як кількість рядів зерен у качані та зерен у качані для гібриду Євро 401 СВ по відношенню до контролю на 8-11%, в порівнянні з гібридом Премія 190 МВ.

Тоді як за максимального надлишкового рівня внесених елементів у останнього гібриду спостерігалось на 23-34% менше зниження всіх досліджених показників (відносно контролю), ніж у рослин Євро 401 СВ. Використання регулятора росту має певні



а)

б)

Рис. 1. Качани гібридів кукурудзи у варіантах дрібноділяночного досліді: а) Премія 190 МВ і б) Євро 401 СВ

Таблиця 1

Морфометричні параметри качанів гібридів кукурудзи, см, n=30

Варіанти досліді	Діаметр				Довжина			
	<i>M±m</i>	V,%	% до контролю	Tst	<i>M±m</i>	V,%	% до контролю	Tst
Премія 190 МВ								
Контроль	6,2±0,2	8,4	—	—	23,6±0,3	3,6	—	—
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	5,5±0,2	11,6	89,4	2,2	16,2±0,5	7,2	68,4	12,6
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	4,5±0,3	18,0	72,5	4,3	10,7±0,4	10,1	45,2	23,2
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	5,6±0,8	27,5	90,4	0,7	21,0±1,1	12,0	88,2	2,2
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ + Антистрес	5,5±0,4	13,4	88,8	1,6	18,5±0,8	9,9	78,4	5,7
Євро 401 СВ								
Контроль	7,1±0,7	25,9	—	—	21,8±0,4	4,5	—	—
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	4,4±0,2	9,8	62,2	3,7	15,3±0,6	9,2	70,0	8,8
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	4,2±0,3	20,7	59,8	3,7	11,4±0,6	13,5	61,7	16,5
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	5,9±0,5	21,2	82,8	1,5	14,5±0,5	7,9	66,5	11,2
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ + Антистрес	5,3±0,3	15,5	75,4	2,3	16,8±0,4	5,0	77,3	9,2

Таблиця 2

Господарсько-цінні ознаки гібридів кукурудзи, шт., n=30

Варіанти досліду	Рядів у качані			Зерен у ряду			Зерен у качані		
	<i>M±m</i>	% до контролю	<i>Tst</i>	<i>M±m</i>	% до контролю	<i>Tst</i>	<i>M±m</i>	% до контролю	<i>Tst</i>
Премія 190 МВ									
Контроль	14,2±0,4	–	–	36,8±1,6	–	–	515,5±36,2	–	–
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	11,2±0,4	78,6	5,5	23,7±1,7	64,3	5,7	264,3±21,4	51,3	6,0
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	10,2±0,8	71,8	4,5	19,0±2,0	51,6	6,9	194,8±6,4	37,8	8,7
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	13,2±0,5	93,0	1,6	31,0±1,0	84,2	3,1	410±23,6	79,5	2,4
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ +Антистрес	12,0±0,4	84,5	4,0	29,8±1,7	80,8	3,1	356,8±21,9	69,2	3,7
Євро 401 СВ									
Контроль	16±0,6	–	–	35,0±1,1	–	–	572,0±32,3	–	–
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	10,8±0,3	67,7	7,9	23,0±1,1	65,7	7,8	248,5±18,4	43,4	8,7
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	7,3±0,9	45,3	8,5	11,5±1,8	32,9	11,0	84,3±10,9	14,7	14,3
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	13,2±0,6	82,3	3,4	29,0±1,9	82,9	2,7	389,3±37,1	68,0	3,7
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ +Антистрес	11,8±0,8	73,7	4,4	26,1±1,4	74,7	5,0	313,4±26,4	54,8	6,2

особливості в гібридів як різних строків стиглості насіння, так і металочутливості (табл. 2, рис. 1). Так, у більш резистентного до надлишкового вмісту іонів металів у ґрунті гібриду Премія 190 МВ, який відноситься до ранньостиглої групи позитивний ефект препарату «Антистрес» у варіанті за мінімального внесення надлишку металів призводить до збільшення усіх показників на 13-28% по відношенню до варіанту без регулятора росту. Тоді як за максимального внесення надлишку металів найсуттєвіше зростала кількість зерен у качані (на 31%), тоді як інші – на 13-29% відповідно. Для менш металостійкого гібриду (Євро 401 СВ) підвищення значень досліджених показників на тлі дії хрому і нікелю в мінімальній концентрації було аналогічне як і для попереднього гібриду, тоді як за максимальної – коливалось в межах 28-40%. Тобто за дії високих концентрацій іонів металів позитивний ефект регулятора росту проявляється більшою мірою в середньопізннього гібриду з меншою металотолерантністю.

Формування високої та якісної урожайності зерна кукурудзи зумовлюється головними структурними елементами, до яких, крім вищезазначених, відноситься і маса 1000 зерен (табл. 3). Отримані результати свідчать, що в гібрида Премія 190 МВ формуються зернівки з масою меншою лише на 4,8%, тоді як у гібрида Євро 401 СВ – на 33,2% від контрольного варіанту. Підвищення надлишкового вмісту важких металів, які вносились до чорнозему звичайного до 20 ГДК, лише робило більш виразною встановлену закономірність. Так, у рослин гібриду Євро 401 СВ маса 1000 зерен зменшувалась на половину, а у гібриду Премія 190 МВ – на 14,5%.

Отримані дані добре узгоджуються з результатами урожайності різних гібридів кукурудзи (табл. 3). Вони дозволяють констатувати, що вже за мінімальної концентрації хрому і нікелю відбувається зниження урожайності, яке становить для гібриду Премія 190 МВ 33,2, а у Євро 401 СВ 58,8 ц/га. Про посилення негативної дії забруднення ґрунтів сполуками хрому і нікелю свідчить зростання до 67% втрати врожаю зерна у ранньостиглого гібриду, тоді як у середньопізннього – на 90%. Проте використання регулятора росту позитивно впливає на пом'якшення негативного впливу надлишкового вмісту важких металів. Вже у варіанті за їх мінімального надлишкового внесення відбувається підвищення врожайності обох гібридів на 28-30%. Використання препарату «Антистрес» на тлі максимального надлишкового надходження іонів металів до ґрунту дещо більшою мірою сприяє підвищенню зернової продукції в середньопізннього гібриду (на 33%), тоді як у ранньостиглого воно лишається на попередньому рівні (зростає на 28%).

Головні висновки. Проведені дослідження свідчать про наявність пропорційної залежності зменшення господарсько-цінних ознак гібридів кукурудзи від рівня надлишкового сумісного внесення сполук хрому і нікелю в ґрунті. В умовах дрібноділяночних польових дослідів на чорноземі звичайному доведено, що в різних за термінами стиглості гібридів найсуттєвіше (на 50-85%) знижується кількість рядів зерен у качані, зерен в ряду, зерен у качані та врожайність. Вплив забруднення суттєвіше проявляється в середньопізннього гібриду кукурудзи (Євро 401 СВ). Використання регулятора росту «Антистрес» призводить до пом'якшення негативної дії забруд-

Таблиця 3

Вплив забруднення ґрунту на елементи структури врожаю та врожайність кукурудзи на зерно

Варіанти досліджу	Урожайність ц/га				Маса 1000 зерен, г			
	<i>M±m</i>	V,%	% до контролю	<i>Tst</i>	<i>M±m</i>	V,%	% до контролю	<i>Tst</i>
Премія 190 МВ								
Контроль	64,3±2,8	9,8	—	—	278,0±4,1	3,3	—	—
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	31,1±2,3	18,2	48,3	9,1	264,6±6,2	5,3	95,2	2,2
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	20,8±7,7	7,7	32,4	15,0	237,6±1,3	1,3	85,5	9,3
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	50,2±2,8	12,6	78,1	3,5	273,9±7,4	3,8	98,5	0,5
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ +Антистрес	38,2±2,2	11,6	59,3	7,3	262,8±25,3	19,2	94,5	0,6
Євро 401 СВ								
Контроль	83,1±4,7	14,0	—	—	323,3±1,4	0,9	—	—
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺	24,3±2,2	21,8	29,2	11,3	216,1±6,7	5,3	66,8	15,8
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺	6,2±0,7	25,4	7,4	16,0	162,3±6,3	6,7	50,2	25,1
5ГДКNi ²⁺ +5ГДКCr ³⁺ +Антистрес	47,3±4,9	25,6	56,9	5,2	269,0±7,0	5,2	83,2	7,6
20ГДКNi ²⁺ +20ГДКCr ³⁺ +Антистрес	33,9±3,0	23,8	40,8	8,7	242,1±3,8	3,5	74,9	20,1

нення на елементи структури врожаю та врожайність кукурудзи (урожайність зростає на 27-33%).

Перспективи використання результатів дослідження. Результати польових досліджень показують

перспективність використання регулятора росту «Антистрес» для зменшення негативної дії на рослини гібридів кукурудзи різних груп стійкості, районаних у степовій зоні України.

Література

1. Статистичний збірник «Рослинництво України» 2018, Київ : Державна служба статистики України, 2019. 220 с.
2. Єрмакова Л.М., Крестьянова Є.В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 63–65
3. Безуглов В.Г., Гогмачадзе Г.Д. Минеральные удобрения и свойства почвы. *Ел. Журнал «АгроЕкоИнфо»*, 2009. № 2. URL : http://agroecoinfo.narod.ru/journal/TEXT/RUSSIAN/2009/st_12_annot.html. (дата звернення: 19.03.2020).
4. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. Москва : Пролетарский светоч, 1997. 290 с.
5. Поворотна М.М. Еколого-фізіологічний аналіз стійкості роду *Acer* в техногенних умовах теплових електростанцій Дніпропетровщини : автореф. дис. ... канд. біологіч. наук : 03.00.16. Житомир, 2016. 24 с
6. Миленка М.М. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану Бурштинської урбоекосистеми. *Екологічний вісник*. 2016. № 1. С. 19–22.
7. Важкі метали: надходження в ґрунти, транс локація у рослинах та екологічна небезпека / В.М. Гришко та ін., Донецьк : Донбас. 2012. 303 с.
8. Відпрацювання інструментарію та алгоритмів корегування селекційних програм по кукурудзі. / М.В. Капустян та ін. *Селекція і насінництво*. 2018 Вип. 113. С. 77–84.
9. Якимчук Р.А. Генетичні наслідки забруднення навколишнього середовища природними і техногенними мутагенними чинниками Київ : Логос, 2019. 379 с.
10. Артюшенко Т.А., Гришко В.М. Вплив регуляторів росту на рівень фізіологічної адаптації гороху до стресового впливу кадмію та нікелю. *Фізіологія рослин і генетика*. 2013. Т. 45. № 5. С. 417–424.
11. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія. / Волкогон В.В., Надкернична О.В. та ін.; за ред. В.В. Волкогона. Київ, 2006. 312 с.
12. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га: практик. рек./ Держ. установа Ін-т сільс. госп-ва степової зони. Дніпропетровськ. 2012. 88 с.
13. Лисенко О.І. Використання препарату «Антистрес» для зменшення негативного впливу сполук хрому та нікелю на початкових стадіях онтогенетичного розвитку кукурудзи. *Сучасний стан родючості чорноземних ґрунтів і шляхи підвищення продуктивності сільськогосподарських культур*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро 25 листопада. 2016 р.) Дніпро, 2016. С. 172–175.
14. Інкрустація ячменю озимого препаратами Антистрес та Марс ELBi / І.І. Ярчук та ін. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 4(38). С. 55–58.
15. Позняк В.В. Влияние комплексных росторегулирующих препаратов на урожайность пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L) выращиваемой после разных предшественников. *Известие Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*. 2019 Т. 57. № 1. С. 63–73.

16. Гончар Л.Н, Пустовит Я.А. Повышение морозостойкости пшеницы озимой под влиянием предпосивной обработки семян. *Научные труды SWorld*. 2015. 23(1). С. 42–46.
17. Сайт компанії MAIS. URL : <http://i.maize.com.ua/catalog/price.htm> (дата звернення 29.09.19).
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат. 1985. 351 с.
19. Гришко В.М., Лисенко О.І. Стійкість гібридів кукурудзи до стресового впливу хрому і нікелю на початку ювенільного етапу розвитку рослин. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 82–89.
20. Гришко В.М., Лисенко О.І. Фітотоксичність хрому і нікелю на початковому етапі онтогенетичного розвитку кукурудзи. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія»*. 2019. Т. 33. С. 123–132.
21. Сайт ПП «ВКФ «Імпторгсервіс». Електронний ресурс. URL : <https://imptorgservis.uaprom.net>. (дата звернення: 26.05.18).
22. Методика державного випробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкодава. Київ, 2001. Вип. 2. 65 с.
23. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. [Чинний від 2004-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2003. 148 с. (Інформація та документація).
24. Kaliyan N., Morey R.V Densification characteristics of corn cobs. *Fuel Processing Technology*. 2010. Vol. 91. Iss. 5. P. 559–565.
25. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України / Р.А. Вожегова та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2015. 104 с.