

фитоиндикационные шкалы Я. П. Дидука кислотного (Rc) и солевого (SI) режимов. Фитоиндикационные оценки выполнены по регулярной сетке испытаний, что позволяет проследить изменения в данной точке пространства на протяжении определенного времени. Сравнительно ограниченный диапазон времени исследований дает возможность описать тренды изменчивости с помощью линейной модели. Показано, что условия кислотности техноземов находятся в диапазоне от субацидофильных до нейтрофильных. Наименьший уровень кислотности эдафотопов характерен для педоземов (pH = 6,25–6,50), а наибольший – для дерново-литогенных почв на лесовидных суглинках (pH = 6,53–6,86). Солевой режим техногенных эдафотопов является благоприятным для семиэвтрофов и эвтрофов. В техноземах всех типов показатели кислотного и солевого режимов создают регулярные пространственные паттерны, которые изменяются во времени. Эти паттерны указывают на наличие автоколебательных пространственно-временных процессов в техноземах эндогенной природы, что подтверждает формирование в них механизмов функциональной целостности, которые в конечном счете присущи естественным почвам.

Ключевые слова: техноземы, фитоиндикация, экологические режимы, кислотность, солевой режим, пространственное варьирование.

Spatial-temporal dynamics of phytoindication assessments of acidity and salt regime of Nikopol manganese ore basin tehnozems

К. Maslikova

The result of the research conducted in 2012–2014 reveal the regularities of spatial and temporal dynamics of phytoindication assessments of acidity and salt regime of most typical tehnozems of the Nikopol manganese ore basin in the process of agriculture recultivation: pedozems, sod-litogenic soils on the gray-green clay, red-brown clay and loesses-like clay loams.

Ya. P. Didukh phytoindication scale of acidity (Rc) and salt regime (SI) was applied in the investigation. Phytoindication assessment was performed by a regular grid of test that allows you to track changes in the given point of space for some time. A relatively limited range of time allows you to describe the trends and variability using linear model. Using the coefficients of the linear dependence of phytoindicator assessments from time to time at a particular point in space, we can show the spatial variable temporal dynamics of ecological indicators. Variation of free coefficient *b* indicates the retrospective patterns of acidity within the plots of tehnozems a year before the beginning (starting). In all types of tehnozems acidity creates regular spatial patterns, but they change in time. Features of spatial variation coefficient and point to the fact that areas with high acidity tend to it, and with reduced – on the contrary, it increases. It is shown that the conditions of acidity of tehnozems are in the range from subacidophilic to neutrofilic. The smallest level of acidity of edafotops was found for pedozems (pH = 6.25–6.50) and greatest was found for sod-litogenic soils on the loesses-like clay loams (pH = 6.53–6.86). Edafotops salt regime is favorable from semievtrofs to evtrofs. For assessments salt regime is also characterized by specific spatial patterns that change in time. Each tehnozems type is characterized by specific patterns of spatial variation indices of the salt regime. Features are as uniform size and shape in this indicator areas (areas with regular or elevated values of the phytoindicator scale) and their mutual boundaries are located and contrast. Thus, for the sod lithogenic soil on gray-green clay characteristic limited areas with significantly higher values and considerably reduced assessments salt regime. In all types of tehnozems indicators of acid and salt regimes create regular spatial patterns that they change in time. These patterns indicate the presence of autooscillator spatial-temporal processes in tehnozems endogenous nature confirming forming in them the mechanisms of functional integrity, who ultimately inherent natural soils.

Key words: tehnozems, phytoindication, ecological regimes, acidity, salt, spatial variation.

Надійшла 09.04.2018 р.

УДК 633.15:632.954:631.811.98

**ЗАБОЛОТНИЙ О.І., ЗАБОЛОТНА А.В., ЛЕОНТЮК І.Б.,
РОЗБОРСЬКА Л.В., ГОЛОДРИГА О.В., кандидати с.-г. наук**

Уманський національний університет садівництва
aleks.zabolotnyi@gmail.com

ОСНОВНІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У РОСЛИНАХ КУКУРУДЗИ ЗА ВНЕСЕННЯ ГЕРБИЦИДУ СТЕЛЛАР, В.Р.

Основним завданням сучасних технологій вирощування кукурудзи є отримання максимальних урожаїв, що можливо без ефективного контролю бур'янів. Внаслідок забур'яненості втрати урожаю можуть досягати 80 % і більше. Основним елементом у вирішенні проблеми забур'яненості агрофітоценозів кукурудзи є розробка ефективних заходів з регулювання присутності бур'янового компонента. З огляду на недостатню ефективність механічних засобів контролювання бур'янів, більшість виробників аграрної продукції застосовують гербіциди. Використання гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур сприяє різкому зменшенню забур'яненості посівів і підвищенню урожайності зерна, зменшенню його засміченості насінням бур'янів. Крім того, гербіциди на 40,4–62,2 % зменшують надходження насіння бур'янів у ґрунт. Також застосування гербіцидів сприяє покращенню мінерального живлення рослин, оскільки усувається конкуренція з боку бур'янів за цей фактор життя. Це, в свою чергу, сприяє поліпшенню росту і розвитку польових культур та зростанню їх продуктивності. У зв'язку з наведеним завданням було дослідити вплив гербіциду Стеллар, в.р. на формування листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу кукурудзи, дина-

міку накопичення хлорофілів та чисту продуктивність фотосинтезу. Наведено результати досліджень з вивчення ефективності застосування різних норм (1,0; 1,1; 1,2 та 1,3 л/га) гербіциду. Встановлено, що внесення досліджуваного препарату завдяки усуненню переважної кількості сеgetальної рослинності у посівах кукурудзи та скороченню періоду їх шкідливої дії сприяє активізації основних фізіологічних процесів рослин культури, що лежать в основі формування її продуктивності. Найбільш ефективним за внесення гербіциду виявилось застосування 1,2 л/га Стеллару, в.р. У цьому варіанті досліду спостерігається збільшення листкової поверхні, показника ФПП, зростання вмісту суми хлорофілів ($a+b$) та показника чистої продуктивності фотосинтезу до 20 % залежно від фази розвитку культури та року досліджень.

Ключові слова: кукурудза, гербіцид, Стеллар, в.р., площа листків, фотосинтетичний потенціал посіву, сума хлорофілів ($a+b$), чиста продуктивність фотосинтезу, ефективність.

Постановка проблеми. Збільшення валових зборів зерна – одне з найважливіших завдань, що постійно постає перед людством. Нині ця проблема знову загострюється, адже чисельність населення на планеті в останній час досягла 7 млрд чоловік і, за оцінками фахівців, до 2050 р. перевищить 9 млрд [1]. Крім того, зростає попит на продукти харчування як у розвинених країнах світу, так і в тих, що стрімко розвиваються в останні роки, зокрема Китай та Індія [2]. При збереженні теперішніх темпів зростання чисельності жителів планети з метою забезпечення його достатньою кількістю продуктів харчування врожайність основних польових культур необхідно збільшити вдвічі впродовж найближчого проміжку часу [3].

У зв'язку з наведеним зрозумілою є зацікавленість виробників аграрної продукції такою культурою як кукурудза. Це одна з високопродуктивних злакових культур універсального призначення, яка за рівнем врожайності за достатнього вологозабезпечення переважає багато культур. Вона відзначається рядом кормових і харчових властивостей, використовується в різноманітних галузях сільського господарства і переробної промисловості [4, 5]. Однак кукурудза належить до культур, які у разі відсутності належного догляду за посівами різко знижують продуктивність від забур'яненості посівів [6].

У посівах кукурудзи досить шкідливими є багаторічні коренепаросткові бур'яни. За сильної забур'яненості посівів кукурудзи осотом рожевим і жовтим, берізкою польовою, гірчаком степовим звичайним урожайність знижується на 50–55 %, за середньої – на 35–40 і слабкої – на 20–30 % [7]. Тому для неї відпрацьовані системи контролювання бур'янових рослин як механічними, так і хімічними засобами [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки спостерігається чітка тенденція розширення посівних площ кукурудзи на зерно, що обумовлено підвищенням попиту на продукти харчування та біосировину, відкриттям нових перспективних ринків, а сам ринок стає більш активним в результаті зростання рівня споживання і можливостей споживачів у різних країнах світу [9]. Основним завданням сучасних технологій вирощування кукурудзи є отримання максимальних урожаїв, вирішення якого неможливе без ефективного контролю бур'янів [10]. Внаслідок забур'яненості втрати урожаю можуть досягати 80 % і більше [11, 12]. Збитки, яких завдають бур'яни, перевищують втрати від шкідників та хвороб [13]. Основним елементом у вирішенні проблеми забур'яненості агрофітоценозів кукурудзи є розробка ефективних заходів з регулювання присутності бур'янового компонента [14].

З огляду на недостатню ефективність механічних засобів захисту від бур'янів, більшість високорозвинуваних зарубіжних країн, у т. ч. США, Іспанія, Франція, повністю перейшли на їхнє знищення за допомогою ґрунтових та страхових гербіцидів, витрати на які окупуються приростами врожаїв до десяти разів. Діючі речовини цих препаратів проникають в тканини рослин бур'янів через кореневу систему або через продири листя, що призводить до їхнього отруєння та загибелі, не пошкоджуючи кукурудзи. Використання гербіцидів у посівах сільськогосподарських культур сприяє різкому зменшенню забур'яненості посівів і підвищенню урожайності зерна, зменшенню його заміченості насінням бур'янів. Крім того, гербіциди на 40,4–62,2 % зменшують надходження насіння бур'янів у ґрунт [15]. Також застосування гербіцидів сприяє покращенню мінерального живлення рослин, оскільки усувається конкуренція з боку бур'янів за цей фактор життя. Це, в свою чергу, сприяє поліпшенню росту і розвитку польових культур та зростанню їх продуктивності [16, 17].

Також проводилися дослідження формування забур'яненості посівів кукурудзи та підвищення ефективності хімічного методу контролю бур'янів у посівах кукурудзи шляхом використання у робочих розчинах гербіцидів поверхнево-активних речовин [18–20].

Однак гербіциди є певним фактором, який може впливати позитивно чи негативно на польові культури, тому їх дія в будь-якому випадку спричиняє зміни у процесах життєдіяльно-

сті рослинного організму [21]. При застосуванні гербіцидів у рослин, як культурних, так і рудеральних, може виникати цільова і нецільова резистентність [22]. За цільової резистентності, коли сайтом дії гербіциду є певний фермент, вона може зумовлюватися генетичними змінами [23]. Нецільова резистентність зумовлюється активацією систем, що перешкоджають потраплянню гербіциду до місця його впливу, через зменшення поглинання чи транслокації гербіциду, підвищення рівня метаболічної детоксикації гербіциду [24]. Вона також може забезпечувати резистентність до гербіцидів з іншими механізмами дії [25].

У зв'язку з наведеним, одним із завдань наших досліджень було встановити вплив гербіциду Стеллар, в.р. на такі фізіологічні процеси у рослинах кукурудзи як динаміка накопичення хлорофілів та чиста продуктивність фотосинтезу.

Важлива роль у формуванні високої продуктивності польових культур належить головному компоненту рослинних фотосистем – хлорофілу, який забезпечує поглинання фотонів і визначає ефективність використання енергії, яку вони несуть [26]. Вивчення асиміляційних структур рослин і, перш за все, пігментів – хлорофілів та каротиноїдів (головних фоторецепторів рослинних клітин) – має важливе значення для аналізу взаємодії рослин з умовами середовища та дослідження адаптації їх до різних чинників, в тому числі і дії гербіцидів. Також сформувались уявлення про залежність спрямованості й продуктивності фотосинтезу від дії факторів, у тому числі гербіцидів, які можуть суттєво впливати на вміст хлорофілів та їх функціональну активність [27]. Тому дослідження динаміки накопичення хлорофілу в листках рослин під впливом хімічних факторів має велике значення, оскільки його вміст впливає на інтенсивність фотосинтезу і ряд інших фізіологічних процесів.

При застосуванні гербіцидів необхідно знати їх вплив на фактори, які визначають високий біологічний урожай. До таких факторів належить чиста продуктивність фотосинтезу. Так, дослідженнями із застосуванням гербіциду Трофі 90 встановлено, що за внесення гербіциду в нормі 2,5 л/га чиста продуктивність фотосинтезу зросла проти контролю I на 0,99 г/м² за добу при НР₀₅ 0,20 г/м² за добу [28]. Дослідження впливу гербіциду Тітус 25 на формування показника ЧПФ показало, що найбільш активно фотосинтетичні процеси серед варіантів досліду із внесенням гербіциду відбувалися за дії 50 г/га препарату, де показник ЧПФ був більшим за контроль I на 18,1 % та на 1,2 % – за контроль II [29].

Метою дослідження було визначення впливу норм гербіциду Стеллар, в.р. на динаміку вмісту суми хлорофілів ($a+b$) та формування показника чистої продуктивності фотосинтезу.

Матеріал і методика досліджень. Досліди виконували в польових і лабораторних умовах кафедри мікробіології, біохімії і фізіології рослин Уманського національного університету садівництва в посівах кукурудзи гібрида Порумбень 359 МВ впродовж 2016–2017 рр. Гербіцид Стеллар, в.р. (виробник – фірма Basf AG, Німеччина; діюча речовина – дикамба, 160 л/г та топрамезон, 50 г/л) у нормах 1,0; 1,1; 1,2 і 1,3 л/га вносили у фазу розвитку кукурудзи 3–5 листків обприскувачем ОГН–600 з витратою робочого розчину 200 л/га. Повторність досліду триразова. Грунт – чорнозем опідзолений важкосуглинковий, вміст гумусу в орному шарі 3,2–3,3 %. Ступінь насиченості профілю ґрунту основами в межах 89,8–92,5 %, реакція ґрунтового розчину середньокисла (рНксл 5,5), гідролітична кислотність – 1,93–2,26 смоль/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирикова) – 120–132 мг/кг ґрунту, азоту лужногідролізованих сполук (за методом Корнфілда) – 103 мг/кг ґрунту.

Листкову поверхню визначали лінійним методом за параметрами листкової пластинки з використанням поправочного коефіцієнта:

$$S = k \times l \times n,$$

де S – площа листка, см²;

k – поправочний коефіцієнт (0,75);

l – довжина листка, см;

n – ширина листка у найширшому місці, см [30].

Фотосинтетичний потенціал посіву розраховували за формулою:

$$\Phi_{ПП} = \frac{(L_1 + L_2) \times n_1 + (L_2 + L_3) \times n_2 + (L_{n-1} + L_n) \times n_n}{2},$$

де $\Phi_{ПП}$ – фотосинтетичний потенціал посіву, м²×діб;

$L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ – площа листкової поверхні на 1 га посіву у відповідні фази, м²/га;

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ – період між двома суміжними визначеннями листкової поверхні, діб [30].

Вміст суми хлорофілів ($a+b$) розраховували за формулою:

$$C_{\text{хл.а+хл.б}} = 6,10D_{665} + 20,04D_{649},$$

де $C_{\text{хл.а}}$ + $C_{\text{хл.б}}$ – концентрації суми хлорофілів ($a+b$), мг/г сирої речовини;

D – експериментально отримані величини оптичної щільності витяжки пігментів за відповідних довжинах хвиль ФЕК [30].

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали відповідно до формули:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \times (L_1 + L_2) \times T},$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу;

($B_2 - B_1$) – приріст маси сухої речовини за n днів, г;

$0,5 \times (L_1 + L_2)$ – середня робоча площа листової поверхні за обліковий період, м²;

n – період між двома спостереженнями, діб [30].

Основні результати досліджень. Визначення площі фотосинтетичної поверхні посіву кукурудзи виявило, що у різних варіантах досліду цей показник був різним і залежав від частки усунення рудерального компонента агрофітоценозу кукурудзи при застосуванні ручних прополовань та гербіциду. Так, зокрема, при визначенні листової поверхні у 2016 році встановлено, що у разі використання 1,0 л/га гербіциду у фазу викидання волоті площа фотосинтетичної поверхні зросла проти контролю I на 2,8 тис. м²/га, тоді як при застосуванні 1,1 та 1,2 л/га – відповідно на 5,4 та 7,2 тис. м²/га при $НІР_{05}$ 5,3 тис. м²/га. Подальше підвищення норми внесення препарату також сприяло збільшенню розмірів листової поверхні, хоча і дещо меншою мірою у порівнянні з попередніми варіантами досліду. Найбільшу листову поверхню (46,6 тис. м²/га) відмічено у разі проведення ручних прополовань, де бур'яновий компонент посіву кукурудзи було усунено повністю (табл. 1).

Таблиця 1 – Фотосинтетична поверхня та потенціал кукурудзи залежно від дії різних норм гербіциду Стеллар, в.р.

Варіант досліду	Площа листків кукурудзи у фазу викидання волоті, тис. м ² /га		Фотосинтетичний потенціал посіву, тис. м ² ×діб	
	2016 р.	2017 р.	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду (контроль I)	38,3	37,6	1910,3	1889,3
Без гербіциду + ручні прополовання (контроль II)	46,6	46,1	2198,1	2099,1
Стеллар, в.р., 1,0 л/га	41,1	40,5	1990,8	1963,2
Стеллар, в.р., 1,1 л/га	43,7	32,3	2100,5	2040,1
Стеллар, в.р., 1,2 л/га	45,5	45,1	2141,1	2073,2
Стеллар, в.р., 1,3 л/га	42,3	41,8	2004,1	1981,3
<i>НІР₀₅</i>	5,3	5,1	179,9	162,3

У 2017 році через меншу кількість опадів площа листків кукурудзи була дещо меншою, ніж у 2016 році, однак залежність її формування від умов, що склалися у варіантах досліду при усуненні бур'янів залишалася такою ж. Найбільші розміри фотосинтетичної поверхні серед варіантів досліду із застосуванням гербіциду було відмічено за внесення 1,2 л/га препарату – на 7,5 тис. м²/га більше за контроль I при $НІР_{05}$ 5,1 тис. м²/га.

Також одним із основних показників фотосинтетичної діяльності рослин є фотосинтетичний потенціал посіву, що ілюструє продуктивність функціонування асиміляційного апарату протягом вегетації. Нами встановлено, що ФПП, як і листову поверхню, мали найбільше значення за проведення ручних прополовань та внесення 1,2 л/га гербіциду. Так, у 2016 році показник ФПП у цих варіантах досліду становив відповідно 2198,1 та 2141,1 тис. м²×діб за $НІР_{05}$ 179,9 тис. м²×діб, а у більш сухішому 2017 році – відповідно 2099,1 та 2073,1 тис. м²×діб за $НІР_{05}$ 162,3 тис. м²×діб (табл. 1).

Збільшення розмірів листової поверхні і, як результат, фотосинтетичного потенціалу посіву, очевидно, обумовлено повним усуненням сегетального компоненту з посівів кукурудзи або переважної його частини. За рахунок цього рослинам культури почало більше надходити елементів живлення та вологи, які вже не перехоплювалися бур'янами.

За визначення вмісту суми хлорофілів ($a+b$) у листках кукурудзи у фазу 8–10 листків культури у 2016 році нами встановлено, що за внесення 1,0 л/га гербіциду він зріс проти контролю I

на 0,15 мг/г сирової речовини, а за 1,1 та 1,2 л/га – відповідно на 0,19 та 0,28 мг/г сирової речовини за НР₀₅ 0,07 мг/г сирової речовини. За дії найвищої норми препарату вміст пігментів хоча і перевищував контроль I на 0,07 мг/г сирової речовини, однак знижувався проти норми у 1,2 л/га, що, очевидно, зумовлено деякою фітотоксичністю високих норм препарату (табл. 2).

Таблиця 2 – Вміст суми хлорофілів (*a+b*) у листках рослин кукурудзи залежно від дії різних норм гербіциду Стеллар, в.р.

Варіант досліду	Вміст суми хлорофілів (<i>a+b</i>), мг/г сирової речовини	
	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду (контроль I)	<u>1,63*</u> 3,28	<u>1,51</u> 3,11
Без гербіциду + ручні прополювання (контроль II)	<u>1,96</u> 3,70	<u>1,78</u> 3,52
Стеллар, в.р., 1,0 л/га	<u>1,78</u> 3,37	<u>1,60</u> 3,12
Стеллар, в.р., 1,1 л/га	<u>1,82</u> 3,46	<u>1,65</u> 3,38
Стеллар, в.р., 1,2 л/га	<u>1,91</u> 3,63	<u>1,72</u> 3,46
Стеллар, в.р., 1,3 л/га	<u>1,70</u> 3,50	<u>1,57</u> 3,40
НР ₀₅	<u>0,07</u> 0,13	<u>0,06</u> 0,10

Примітка. * Над рискою – вміст суми хлорофілів (*a+b*) у фазу 8–10 листків, під рискою – вміст суми хлорофілів (*a+b*) у фазу викидання волоті.

У фазу викидання волоті абсолютні показники вмісту фотосинтетичних пігментів перевищували значення попереднього обліку, однак залежність між нормою внесення гербіциду та зміною вмісту хлорофілів лишалася такою ж. Найвищим він був у разі ручних прополювань – на 0,42 мг/г сирової речовини більше за контроль I, а серед варіантів досліду із внесенням гербіциду – за норми препарату у 1,2 л/га – на 0,65 мг/г сирової речовини більше за контроль I за НР₀₅ 0,13 мг/г сирової речовини.

За визначення вмісту хлорофілів у 2017 році встановлено, що їх загальний вміст був дещо нижчим, ніж у 2016 році, що пояснюється більш спекотною погодою, однак він так само залежав від норми внесення гербіциду. Так, зокрема, як і у попередньому році, найвищі показники серед варіантів досліду із внесенням лише гербіциду відмічено за норми 1,2 л/га – на 0,21 та 0,35 мг/г сирової речовини більше за контроль I відповідно у фазу 8–10 листків та викидання волоті за НР₀₅ відповідно 0,06 і 0,10 мг/г сирової речовини.

Визначення величини показника чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) показало, що він змінювався у прямій залежності від розмірів листової поверхні, ФПП і вмісту хлорофілів у листках кукурудзи та залежав від норми застосування гербіциду.

Так, у фазу викидання волоті у 2016 році за внесення 1,0 л/га препарату показник ЧПФ зріс проти контролю I на 5 %, а за дії 1,1 л/га – на 12 %. Найвищим серед варіантів досліду із внесенням різних норм гербіциду показник ЧПФ був у разі застосування 1,2 л/га – на 17 % більше за контроль I. Подальше зростання норми внесення препарату до 1,3 л/га також сприяло деякому зростанню фотосинтетичної продуктивності рослин кукурудзи, хоча і меншою мірою, ніж норма у 1,2 л/га. Тут показник ЧПФ перевищував контроль I на 14 % (табл. 3).

Визначення показника ЧПФ у 2017 році показало, що він також залежав від норми застосування гербіциду. Так, у разі внесення 1,0 і 1,2 л/га гербіциду фотосинтетична продуктивність рослин кукурудзи також перевищувала контроль I відповідно на 0,5 і 1,2 %. Найвищою вона була, як і у попередньому році, за внесення 1,2 л/га препарату – на 20 % більше за контроль I. Зростання норми внесення Стеллару, в.р. до 1,3 л/га дещо пригнічувало фотосинтетичну продуктивність рослин кукурудзи, хоча вона і перевищувала контроль I на 13 %.

Таблиця 3 – Чиста продуктивність фотосинтезу рослин кукурудзи у фазу викидання волоті при застосуванні гербіциду Стеллар, в.р.

Варіант досліду	2016 р.		2017 р.	
	г/м ² за добу	% до контролю I	г/м ² за добу	% до контролю I
Без гербіциду (контроль I)	4,83	100	4,74	100
Без гербіциду + ручні прополювання (контроль II)	5,80	120	5,75	121
Стеллар, в.р., 1,0 л/га	5,07	105	4,98	105
Стеллар, в.р., 1,1 л/га	5,39	112	5,33	112
Стеллар, в.р., 1,2 л/га	5,63	117	5,70	120
Стеллар, в.р., 1,3 л/га	5,50	114	5,37	113
<i>HIP₀₅</i>	<i>0,11</i>	–	<i>0,16</i>	–

Висновки. Виконані дослідження з вивчення впливу норм гербіциду Стеллар, в.р. на основні фізіологічні процеси рослин кукурудзи показали, що застосування препарату за рахунок усунення конкуренції з боку бур'янів стосовно рослин кукурудзи за поживні елементи та вологу сприяє наростанню листової поверхні рослин кукурудзи у порівнянні з контролем I, де сегетальна рослинність продовжувала вільно розвиватися. Прямопропорційно наростанню розмірів фотосинтетичної поверхні рослин підвищувався також фотосинтетичний потенціал посіву кукурудзи, вміст фотосинтетичних пігментів і, як результат, чиста продуктивність фотосинтезу. Серед варіантів досліду із внесенням різних норм гербіциду найбільш дієвою виявилася норма у 1,2 л/га. У цьому варіанті листові поверхні рослин кукурудзи збільшилися на 7,2–7,5 тис. м²/га, відповідно до цього також зріс і показник ФПП – на 230,8–183,8 тис. м²хдіб. Збільшення вмісту суми хлорофілів коливалося від 0,28 до 0,35 мг/г сирової речовини у порівнянні з контролем I, що мало безпосередній вплив на зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу у порівнянні з контрольним варіантом на 17–20 % залежно від фази розвитку культури та року виконання досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стасик О.О., Киризий Д.А., Прядкина Г.А. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных растений. Физиология растений и генетика. 2016. Т. 48, № 3. С. 232–251.
2. Моргунов В.В., Прядкина Г.А. Эффективность фотосинтеза и перспективы повышения продуктивности озимой пшеницы. Физиология растений и генетика. 2014. 46, № 4. С. 279–301.
3. Hawkesford M.J., Araus J.-L., Park R. Prospect of doubling global wheat yields. Food Energy Security. 2013.vol. 2, No 1. P. 34–48.
4. Миколенко І.Г. Сучасний стан і перспективи розвитку ринку зерна. Сільські вісті. 2007. № 129. С. 28–30.
5. Зинченко С. Стратегический план 2020. Агро Перспектива. 2013. №10 (161). С. 14–15.
6. Грабовський М.Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на ріст та розвиток кукурудзи. Агробіологія. 2017. №2. С. 46–55.
7. Мовчан І.В. Підвищення ефективності хімічного методу контролю бур'янів у посівах кукурудзи Правобережного Лісо-stepу України. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. №2/10 (68). С. 45–49.
8. Зуза В.С., Гутянский Р.А. Эффективность гербицидов у посівах кукурудзи на зерно за коренепаростково-злаковооднорічного типу забур'яненості. Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області. 2016. №20. URL: – http://www.agromage.com/stat_id.php?id=1102
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. 2013. URL: – <http://faostat.fao.org/site/424/DesktopDefault.aspx?PageID=424#ancor>
10. Задорожний В.С., Мовчан І.В. Бур'яни у посівах кукурудзи на зерно. Захист рослин. 2012. № 2. С. 9–11.
11. Mahmoudi, G., Ghanbari A., Hossainpanahi F. Physiological indices of weed species effects at different density on corn (*Zea mays* L.) growth: Proc.16th EWRS Symposium. Samsun, 2013. 36 p.
12. Uremis I., Uludag A., Ulger A. C. Determination of critical period weed control in the second crop corn under Mediterranean conditions. Afr J Biotech. 2009. No 8. P. 4475–4480.
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. 2013. URL: – : <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
14. Ziska, L. H. The impact of elevated CO₂ on yield loss from a C₃ and C₄ weed in field-grown soybean. J Global Change Biology. 2000. No. 8. P. 899–905.
15. Анішин Л. Урожай кукурудзи залежатиме від рівня догляду за посівами. Пропозиція. 2012. № 6. URL: – <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2685&number=87>
16. Das S. Role of micronutrient in rice cultivation and management strategy in organic agriculture – a reappraisal. Agricultural Sciences. 2014. No 5. P. 765–769.
17. Zare M., Zadehbagheri M., Azarpanah A. Influence of potassium and boron on some traits in wheat (*Triticum aestivum* cv. Darab 2). The International Journal of Biotechnology. 2013. No 2(8). P. 141–153.

18. Baric K., Ostojic Z., Scepanovic M. The influence of adjuvants on *Amaranthus retroflexus* L. control with topremazone: Proc. 16th EWRS Symposium. Samsun, 2013. 239 p.
19. Sobiech L., Skrzypczak G.A. Efficacy and surface tension of tritosulfuron modified by adjuvants: Proc. 16th EWRS Symposium. Samsun, 2013. 219 p.
20. Idziak R., Woznica Z., Sobiech L. Effect of oil and mineral adjuvants on efficacy and physico-chemical properties of foramsulfuron and iodusufuron spray mixture. Pak. J. Agri. Sci. 2013. No 50 (4). P. 671–676.
21. Han S.-K., Wagner D. Role of chromatin in water stress responses in plant. J. Exp. Botany. 2014. No 65(10). P. 2785–2799.
22. Гуральчук Ж.З., Мордерер Є.Ю. Резистентність рослин до ауксиноподібних гербіцидів у зв'язку з особливостями механізму їх фітотоксичної дії. Физиология растений и генетика. 2017. Т. 49, № 1. С. 3–14.
23. Mithila J., Godar A.S. Understanding genetics of herbicide resistance in weeds: Implications for weed management. Adv. Crop Sci. Tech. 2013. 1, No 4. 115 p.
24. Yu Q., Powles S. Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production. Plant Physiol. 2014. Vol. 166, No 3. P. 1106–1118.
25. Delye C., Jasieniuk M., Le Corre V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. Trends Genet. 2013. No. 29. P. 649–658.
26. Golovko T., Tabalenkova G. Pigments and productivity of the crop plants. Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology. Syktyvkar, 2014. P. 207–220.
27. Saglam A., Saruhan N., Terzi R., Kadroglu A. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. Физиология растений. 2011. Т. 58, №1. С. 58–66.
28. Заболотний О. І. Вплив гербіциду Трофі 90 на чисту продуктивність фотосинтезу та врожайність кукурудзи. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2013. Вип. 1. С. 134–140.
29. Грицаєнко З.М., Заболотний О.І. Вплив гербіциду Тітус 25 і регулятора росту Зеастимулін при різних способах застосування на фотосинтетичні процеси кукурудзи: зб. наук. пр. Уманського НУС. Умань, 2011. Вип. 75. С. 62–65.
30. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ "НІЧЛАВА", 2003. 320 с.

REFERENCES

1. Stasik, O.O., Kirizij, D.A., Prjadkina, G.A. Fotosintez i produktivnost' sel'skohozjajstvennyh rastenij [Photosynthesis and productivity of agricultural plants]. Fiziologija rastenij i genetika [Plant physiology and genetics], 2016, vol. 48, no. 3, pp. 232–251.
2. Morgun, V.V., Prjadkina, G.A. Jeftektivnost' fotosinteza i perspektivy povyshenija produktivnosti ozimoj pshenicy [Effectiveness of photosynthesis and prospects for increasing the productivity of winter wheat]. Fiziologija rastenij i genetika [Plant physiology and genetics], 2014, vol. 46, no. 4, pp. 279–301.
3. Hawkesford, M.J., Araus, J.-L., Park, R. Prospect of doubling global wheat yields. Food Energy Security, 2013, vol. 2, no. 1, pp. 34–48.
4. Mikolenko, I.G. Suchasnij stan i perspektivi rozvitku rinku zerna [Current state and prospects of grain market development]. Sil'ski visti [Village news], 2007, no. 129, pp. 28–30.
5. Zinchenko, S. Strategicheskij plan 2020 [Strategic Plan 2020]. Agro Perspektiva [Agro Perspective], 2013, no. 10 (161), pp.14–15.
6. Grabovskij, M.B. Vpliv zahodiv kontroljuvannja chisel'nosti bur'janiv na rist ta rozvitok kukurudzi [Influence of measures to control the number of weeds on the growth and development of corn]. Agrobiologija [Agrobiology], 2017, no. 2, pp. 46–55.
7. Movchan, I.V. Pidvishennja efektivnosti himichnogo metodu kontrolju bur'janiv u posivah kukurudzi Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraїni [Improving the effectiveness of the chemical control method for weeds in corn crops of the Right-Banc Forest-Steppe Zone of Ukraine]. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij [Eastern European Journal of Advanced Technology], 2014, no. 2/10 (68), pp. 45–49.
8. Zuza, V.S., Gutjanskij, R.A. Efektivnist' gerbicidiv u posivah kukurudzi na zerno za koreneparostkovozlakovooodnorichnogo tipu zabur'janenosti [Effectiveness of herbicides in crops of corn on grain at rootforming-annual cereals type of contamination]. Visnik Centru naukovogo zabezpechennja agropromislovogo virobnictva Harkivs'koi' oblasti [The Bulletin of the Center of scientific ensuring agro-industrial production of Harkov area]. Retrieved from: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=1102
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat, 2013. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/424/DesktopDefault.aspx?PageID=424#ancor>
10. Zadorozhnyj, V.S., Movchan, I.V. Bur'jani u posivah kukurudzi na zerno [Weeds in the crops corn for grain]. Zahist roslin [Plant protection], 2012, no. 2, pp. 9–11.
11. Mahmoudi, G., Ghanbari A., Hossainpanahi F. Physiological indices of weed species effects at different density on corn (*Zea mays* L.) growth: Proc.16th EWRS Symposium. Samsun, 2013, 36 p.
12. Uremis, I., Uludag, A., Ulger, A.C., Kakir, B. Determination of critical period weed control in the second crop corn under Mediterranean conditions. Afr J Biotech, 2009, no. 8, pp. 4475–4480.
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. Faostat, 2013. Retrieved from: <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
14. Ziska, L. H. The impact of elevated CO₂ on yield loss from a C₃ and C₄ weed in field-grown soybean. Global Change Biology, 2000, no. 8, pp. 899–905.
15. Anishin, L. Urozhaj kukurudzi zalezhatime vid rivnja dogljadu za posivami [The yield of corn will depend on the level of care for the crops]. Propozicija [Proposal], 2012, no. 6, Retrieved from: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=2685&number=87>

16. Das, S. Role of micronutrient in rice cultivation and management strategy in organic agriculture – a reappraisal. *Agricultural Sciences*, 2014, no. 5, pp. 765–769.
17. Zare, M., Zadehbagheri, M., Azarpanah, A. Influence of potassium and boron on some traits in wheat (*Triticum aestivum* cv. Darab 2). *The International Journal of Biotechnology*, 2013, no. 2(8), pp. 141–153.
18. Baric, K., Ostojic, Z., Scepanovic, M. The influence of adjuvants on *Amaranthus retroflexus* L. control with topremazone: Proc. 16th EWRS Symposium. Samsun, 2013, no. 5, 239 p.
19. Sobiech, L., Skrzypczak, G.A. Efficacy and surface tension of tritosulfuron modified by adjuvants: Proc. 16th EWRS Symposium. Samsun, 2013, no. 4, 219 p.
20. Idziak, R., Woznica, Z., Sobiech, L. Effect of oil and mineral adjuvants on efficacy and physico-chemical properties of foramsulfuron and iodosulfuron spray mixture. *Pak. J. Agri. Sci*, 2013, no. 50 (4), pp. 671–676.
21. Han, S.-K., Wagner, D. Role of chromatin in water stress responses in plant. *J. Exp. Botany*, 2014, no. 65(10), pp. 2785–2799.
22. Gural'chuk, Zh.Z., Morderer, Je.Ju. Rezistentnist' roslin do auksinopodobnih gerbicidiv u zv'jazku z osoblivostjami mehanizmu i'h fitotoksichnoi' dii' [Resistance of plants to auxin-like herbicides in connection with peculiarities of their phytotoxic mechanism]. *Fiziologija rastenij i genetika* [Plant physiology and genetics], 2017, vol. 49, no. 1, pp. 3–14.
23. Mithila J., Godar A.S. Understanding genetics of herbicide resistance in weeds: Implications for weed management. *Adv. Crop Sci. Tech*, 2013, vol.1, no. 4, 115 p.
24. Yu, Q., Powles, S. Metabolism-based herbicide resistance and cross-resistance in crop weeds: a threat to herbicide sustainability and global crop production. *Plant Physiol*, 2014, vol. 166, no. 3, pp. 1106–1118.
25. Delye, C., Jasieniuk, M., Le Corre, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Thends Genet*, 2013, no. 29, pp. 649–658.
26. Golovko, T., Tabalenkova, G. Pigments and productivity of the crop plants. *Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology*. Syktyvkar, 2014, pp. 207–220.
27. Saglam, A., Saruhan, N., Terzi, R., Kadroglu, A. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. *Plant Physiol*, 2011, vol. 58, no. 1, pp. 58–66.
28. Zabolotnij O. I. Vpliv gerbicidu Trofi 90 na chistu produktivnist' fotosintezu ta vrozhajnist' kukurudzi [The influence of herbicide Trophy 90 on the net productivity of photosynthesis and corn yield]. *Visnik agrarnoi' nauki Prichornomor'ja* [Bulletin of agrarian science in Black Sea region], 2013, no. 1, pp. 134–140.
29. Gricajenko Z.M., Zabolotnij O.I. Vpliv gerbicidu Titus 25 i regulatora rostu Zeastimulin pri riznih sposobah zastosuvannja na fotosintetichni procesi kukurudzi [Influence of herbicide Titus 25 and the regulator of growth Zeastimulin at different methods of application on photosynthetic processes of corn]. *Zbirnik naukovih prac' Umans'kogo NUS* [Collection of scientific works of Uman national university of horticulture]. 2011, Issue 75, pp. 62–65.
30. Gricajenko, Z.M., Gricajenko, A.O., Karpenko, V.P. (2003). *Metodi biologichnih ta agrohimičnih doslidzen' roslin i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical researches of plants and soil]. Kyiv, CJSC «NICH LAVA», 320 p.

Основные физиологические процессы в растениях кукурузы при внесении гербицида Стеллар, в.р.

О.И. Заболотный, А.В. Заболотная, И.Б. Леонтьук, Л.В. Розборская, О.В. Голодрига

Основной задачей современных технологий выращивания кукурузы является получение максимальных урожаев, что невозможно без эффективного контроля сорняков. Вследствие засоренности потери урожая могут достигать 80 % и более. Основным элементом в решении проблемы засоренности агрофитоценозов кукурузы является разработка эффективных мер по регулированию присутствия сорного компонента. Учитывая недостаточную эффективность механических средств защиты от сорняков, большинство производителей аграрной продукции применяют гербициды. Использование гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур способствует резкому уменьшению засоренности посевов и повышению урожайности зерна, уменьшению его засоренности семенами сорняков. Кроме того, гербициды на 40,4–62,2 % уменьшают поступление семян сорняков в почву. Также применение гербицидов способствует улучшению минерального питания растений, поскольку устраняется конкуренция со стороны сорняков за этот фактор жизни. Это, в свою очередь, способствует улучшению роста и развития полевых культур и увеличению их производительности. В связи с приведенным, нашей задачей было исследовать влияние гербицида Стеллар, в.р. на формирование площади листьев, фотосинтетического потенциала, динамику накопления хлорофиллов и чистую продуктивность фотосинтеза. Приведены результаты исследований по изучению эффективности применения различных норм (1,0; 1,1; 1,2 и 1,3 л/га) гербицида. Установлено, что его внесение благодаря устранению сорняков в посевах кукурузы содействует активизации главных физиологических процессов, от которых зависит продуктивность растений. Наиболее эффективным среди вариантов с внесением гербицида оказалось применение 1,2 л/га Стеллар, в.е. В этом варианте опыта произошло увеличение площади листьев, показателя ФПП, повышение содержания суммы хлорофиллов ($a+b$) и показателя чистой продуктивности фотосинтеза до 20 % в зависимости от фазы развития и года исследования.

Ключевые слова: кукуруза, гербицид, Стеллар, в.р., площадь листьев, фотосинтетический потенциал посева, сумма хлорофиллов ($a+b$), чистая продуктивность фотосинтеза, эффективность.

Main physiological processes in corn plants under application of herbicide Stellar, c.e.

O. Zabolotniy, A. Zabolotna, I. Leontyuk, L. Rozborska, O. Golodriha

Corn is one of the high-yielding cereal crops of the universal purpose which dominates many crops by the yield level with sufficient water supply. It has a number of fodder and food properties and is used in various branches of agriculture and processing industry. Corn is a crop which drastically reduces its productivity under inappropriate care.

As a result of weediness, crop losses can reach 80 % or more. The losses caused by weeds exceed losses from pests and diseases. The main element in solving the problem of weediness of corn agrophytocenoses is the development of effective measures to regulate the presence of the weed component.

In view of the lack of effectiveness of mechanical means of weeds control, most highly developed foreign countries, including the United States, Spain and France started using soil and insurance herbicides – their cost is recovered with the yields increased by up to ten times.

Experiments were carried out in field and laboratory conditions of Department of microbiology, biochemistry and plant physiology at Uman National University of Horticulture in corn crops of Porumben 359 MV hybrid in 2016–2017. Herbicide Stellar, c.e. in norms 1.0; 1.1; 1.2 and 1.3 l/ha were applied in the phase of 3–5 leaves. The number of replications is 3.

Herbicide was applied by SHH-600 sprayer using working solution 200 l/ha. Chlorophyll amount content ($a+b$) and formation of pure photosynthesis productivity were determined according to generally accepted techniques.

While determining chlorophyll amount content ($a+b$) in corn leaves in the phase of 8–10 leaves in 2016 it was found out that applying 1.0 liters per hectare of herbicide it increased by 0.15 mg/g of raw matter compared to the control variant and after applying 1.1 and 1.2 l/ha it increased by 0.19 and 0.28 mg/g of raw matter, respectively, with SSD_{05} 0.07 mg/g of raw matter. At the highest dose of this drug the content of pigments exceeded the check variant by 0.07 mg/g of raw matter. However, it declined compared to the norm by 1.2 l/ha which, apparently, was caused by some phytotoxicity of high doses of the drug.

During ear emergence absolute indicators of photosynthetic pigment content exceeded the value of previous records. However, the dependence between the application rate of the herbicide and change in chlorophyll content was the same. In case of weeding out it was the highest (by 0.42 mg/g of raw matter more than the check variant I). In other variants applying herbicide at the rate of 1.2 l/ha it was by 0.65 mg/g of raw matter more than the check variant I at SSD_{05} 0.13 mg/g of raw matter.

Determining the chlorophyll content in 2017, it was found that their total content was slightly lower than in 2016 which is explained by hotter weather. However, it also depended on the application rate of the herbicide. Thus, in particular, as in the previous year, the highest rates among the experimental variants with the application of only herbicide were noted at the rate of 1.2 l/ha (by 0.21 and 0.35 mg/g of raw matter more than the check variant I in the phase of 8-10 leaves and ear emergence, respectively, at SSD_{05} 0.06 and 0.10 mg/g of raw matter).

Determination of the value of the indicator of net productivity of photosynthesis (PNP) showed that it varied in direct dependence on the content of chlorophylls in corn leaves and depended on the rate of herbicide application.

Thus, during ear emergence in 2016, applying 1.0 liter per hectare of the herbicide the indicator of photosynthesis net productivity increased by 5 % and applying 1.1 l/ha it increased by 12 %. The indicator of photosynthesis net productivity was the highest among experimental variants, applying 1.2 l/ha of the herbicide (by 17 % more than the check variant I). Further increase in the application rate of the herbicide to 1.3 l/ha also contributed to some increase in the photosynthetic yield of corn plants, although to lesser extent than the norm at 1.2 l/ha. In this case, PNP indicator exceeded the check variant by 14 %.

Determining PNP indicator in 2017 showed that it also depended on the application rate of the herbicide. So, applying 1.0 and 1.2 l/ha of the herbicide, the photosynthetic yield of corn plants also exceeded the check variant by 0.5 and 1.2 %, respectively. As in the previous year, it was the highest applying 1.2 l/ha of the herbicide (20 % more than the check variant I). Increase in Stellar, c.e. application rate to 1.3 l/ha somewhat depressed photosynthetic productivity of corn plants, although it exceeded the check variant by 13 %.

The research on the influence of Stellar, c.e. herbicide application rates on the basic physiological processes of corn plants showed that application of this herbicide contributes to the growth of photosynthetic pigment content in corn leaves and photosynthetic productivity of the crop by reducing competition with weeds for nutrients and moisture. The rate of 1.2 liters per hectare was the most effective applying different rates of the herbicide in experimental variants. Increase in chlorophyll content ranged from 0.28 to 0.35 mg/g of raw matter compared to the check variant I. PNP indicator exceeded the check variant by 17–20% depending on the phase of crop development and the research year.

Key words: corn, herbicide, stellar, c.e., the sum of chlorophylls ($a+b$), the net productivity of photosynthesis, efficiency.

Надійшла 09.04.2018 р.

УДК 632.95.02:634.11

КРИКУНОВ І. В., АДАМЕНКО Д. М., СУХОМУД О. Г.,

КРАВЕЦЬ І. С., кандидати с.-г. наук

СУХАНОВ С. В., канд. біол. наук

Уманський національний університет садівництва

kiv1000@ukr.net

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ І ШКІДЛИВІСТЬ ЗЕЛЕНОЇ ЯБЛУНЕВОЇ ПОПЕЛИЦІ (*APHIS POMI DEG*) В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ НВВ УМАНСЬКОГО НУС

Дослідженнями, проведеними впродовж 2016–2017 рр. встановлено, що розвиток яєць зеленої яблуневої попелиці, що перезимували починається в першій-другій декаді березня за середньодобової температури +5 °С. Яйця, які перезимували мають більш темніший колір на відміну від яєць які вимерзли. Початок виходу личинок з яєць припадає на другу декаду квітня, коли сума ефективних температур вище +5 °С становить 37,5–39,3 °С. Тривалість виходу личинок із зимуючих яєць коливалась від 12 до 14 днів.

© Крикунов І. В., Адаменко Д. М., Сухомуд О. Г., Кравець І. С., Суханов С. В., 2018.