

УДК 581.522.4:549.514.5

ІНДУКЦІЯ ЗАХИСНИХ РЕАКЦІЙ НА ПОСУХУ У РОСЛИН КУКУРУДЗИ АНАЛЬЦИМОМ ЗА РІЗНИХ ЗВОЛОЖЕНОСТІ Й ТИПУ ҐРУНТУ

Н.В. ЗАІМЕНКО, Н.П. ДІДИК, О.І. ДЗЮБА, О.В. ЗАКРАСОВ, Н.В. РОСІЦЬКА,
А.В. ВІТЕР

*Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка Національної академії наук України
01014 Київ, вул. Тимірязєвська, 1
e-mail: natasha_didyk@mail.ru*

Вивчали індукцію захисних реакцій на посуху у рослин кукурудзи (*Zea mays* L., гібрид Титан 220 СВ), які вирощували на ґрунтах трьох типів (теплична ґрунто-суміш, сірий опідзолений ґрунт, пісок) додаванням різних доз природного силіційвмісного мінералу — анальциму. Для цього моделювали рівні вологості субстрату 20, 40 і 60 % повної вологоємності. Анальцим вносили в дозах 0, 100, 200 і 300 мг на 150 мл субстрату. Встановлено його позитивний вплив: збільшувались схожість насіння, показники росту; показники водного обміну і вмісту захисних речовин (проліну, флавоноїдів, каталази) меншою мірою відхилялись від норми за умов дефіциту вологи у ґрунті. Доведено позитивну залежність сили ефекту анальциму від його концентрації. Розглянуто особливості фізіологічних і біохімічних реакцій рослин кукурудзи на внесення анальциму залежно від типу ґрунту.

Ключові слова: кукурудза, ґрунтова посуха, захисні реакції, анальцим, тип ґрунту.

Для отримання стабільних високих урожаїв сільськогосподарських культур потрібно постійно застосовувати мінеральні добрива і засоби захисту рослин. Використання засобів хімізації пов'язане з низкою проблем як екологічного, так і економічного характеру. Одним із екологічно безпечних та економічних шляхів підвищення продуктивності й захисту сільськогосподарських культур є застосування силіційвмісних мінералів.

Як біофільний елемент силіцій позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Основною його функцією вважають адаптогенну дію по відношенню до абіотичних і біотичних стресорів. Крім того, встановлено, що в разі застосування силіційвмісних мінералів підвищується ефективність мінеральних добрив і пестицидів [2, 8].

Нині силіційвмісні добрива повсюдно застосовують у посівах рису й цукрової тростини для підвищення продуктивності та якості врожаю [10]. У тепличному господарстві Нідерландів силіцієм захищають огірки і троянди від борошнистої роси та інших хвороб [1, 16]. Незважаючи на очевидні перспективи застосування силіційвмісних мінералів в екологічному землеробстві, фізіологічні механізми їх впливу не визначені досі, що перешкоджає широкому впровадженню силіційвмісних препаратів у сільському господарстві.

Об'єкт наших досліджень кукурудза (*Zea mays* L., гібрид Титан 220 СВ) — одна з найпоширеніших і цінних зернофуражних культур. Завдя-

ки здатності фотосинтезувати за типом C_4 , ефективно використовувати елементи живлення, екологічній пластичності та високим кормовим якостям кукурудза посідає одне з чільних місць у світовому землеробстві.

Метою наших досліджень було вивчення впливу природного силіцієвмісного мінералу анальциму ($Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$) на індукцію захисних реакцій на посуху в рослин кукурудзи залежно від дози мінералу, рівня вологи і типу ґрунту.

Методика

Вплив анальциму на функціональний стан проростків кукурудзи (*Zea mays* L., гібрид Титан 220 СВ) вивчали в модельних вегетаційних дослідах у лабораторних умовах: температура 22–30 °С, розсіяне сонячне освітлення, відносна вологість повітря 60–75 %. Субстратом були ґрунти трьох типів: теплична ґрунтосуміш, що складалася з перегною, торфу, листового ґрунту і піску у співвідношенні 1 : 1 : 1 (ґрунт 1), сірий опідзолений ґрунт (ґрунт 2), пісок + поживне середовище Гельригеля (ґрунт 3). Подрібнений на часточки розміром 100 мкм мінерал анальциму вносили в дозах 0, 100, 200, 300 мг на 150 мл субстрату. Перед закладанням дослідів ґрунти просіювали крізь сито з розміром комірок 1 мм і стерилізували в сушильній шафі при 100 °С. Вологість субстрату підтримували гравіметричним методом на рівні 20, 40 і 60 % повної вологоємності (ПВ). Тривалість дослідів — 21 доба.

Життєвий стан рослин кукурудзи оцінювали за такими показниками: схожість насіння, маса сухої речовини надземних частин і коренів паростків, відносний вміст вологи та водний дефіцит у листках, інтенсивність транспірації, вміст фотосинтетичних пігментів, проліну, флавоноїдів, активність каталази.

Кількість пророслих насінин кукурудзи підраховували на 3–5-ту добу після посіву. Морфометричні та фізіолого-біохімічні показники життєвого стану рослин кукурудзи оцінювали наприкінці дослідів, на 20–22-гу добу вирощування (іматурна стадія розвитку). Інтенсивність транспірації встановлювали методом реєстрування змін маси зрізаних транспіруючих листків за короткі проміжки часу за Івановим [4]. Вміст води і водний дефіцит визначали гравіметричним методом [1]. Пролін екстрагували зі свіжозібраних листків 3 %-м розчином сульфосаліцилової кислоти, його кількісний вміст визначали на спектрофотометрі «Sprekol 11» («Carl Zeiss, Jena», Німеччина) після перебігу якісної реакції з нінгідринним реактивом за методикою [5, 7]. Фотосинтетичні пігменти екстрагували із сирих листків диметилсульфоксидом, їх кількісний вміст установлювали спектрофотометрично за методикою [9]. Активність каталази визначали за методом Баха й Опаріна [3] за кількістю пероксиду водню, що розкладався під дією ферменту. В контрольному зразку каталазу інактивували сірчаною кислотою, в дослідному — частина пероксиду водню розкладалася під дією ферменту, решту — визначали титруванням перманганатом калію в кислому середовищі. Кількість пероксиду водню, що розкладався під дією ферменту, визначали за різницею між дослідним і контрольним зразками. Флавоноїди екстрагували 70 %-м етанолом, їх вміст визначали на спектрофотометрі «Sprekol 11» («Carl Zeiss, Jena», Німеччина) після перебігу якісної реакції з хлоридом алюмінію, розбавленим 95 %-м етанолом до 2 % [6].

Повторність дослідів — чотириразова, аналітична — триразова. Результати дослідів оброблено статистично методами описової статистики

й однофакторного дисперсійного аналізу за допомогою програм Statistica 6.0, Microsoft Office Excel 2007.

Результати та обговорення

За умов ґрунтової посухи в рослинах кукурудзи гальмуються процеси росту і розвитку, знижується рівень фотосинтетичних пігментів, накопичуються захисні речовини (пролін, каталаза, флавоноїди), а також порушується водний обмін: тканини листків втрачають воду, наростає водний дефіцит, знижується інтенсивність транспірації порівняно з рослинами, вирощуваними за вологості 60 % ПВ (табл. 1—4).

За внесення анальциму в субстрат істотно підвищувалась схожість насіння, стимулювалось накопичення біомаси надземними частинами і коренями кукурудзи за умов ґрунтової посухи й оптимального зволоження (60 % ПВ) (див. табл. 1). Співвідношення маси надземних частин до маси коренів також, як правило, збільшувалось. Ефект позитивно залежав від дози анальциму і типу ґрунту. Найбільше стимулювання анальцимом зазначених параметрів спостерігали на піску, найменше — в рослин, які зростали на тепличній ґрунтосуміші (ґрунт 1).

Аналіз показників водного обміну підтвердив позитивний вплив анальциму на підвищення посухостійкості паростків кукурудзи (див. табл. 2). У разі внесення анальциму нормалізувався водний обмін (підвищувався відносний вміст води, збільшувалась інтенсивність транспірації, знижувався водний дефіцит) у листках паростків кукурудзи за умов ґрунтової посухи (20—40 % ПВ). За вологості субстрату 60 % ПВ вірогідно знижувався водний дефіцит у листках паростків кукурудзи й незначно зростали відносний вміст води та інтенсивність транспірації. Ступінь впливу анальциму позитивно залежав від дози мінералу й обернено пропорційно — від ступеня зволоження субстрату.

Фотосинтез — основний метаболічний процес, що забезпечує утворення біомаси рослин. Продуктивність фотосинтезу залежить від вмісту в листовому апараті фотосинтетичних пігментів, їх складу і співвідношення. Результати аналізу вмісту хлорофілів *a* і *b*, а також каротиноїдів наведено в табл. 3. За умов ґрунтової посухи у паростках кукурудзи знижувався вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a*, *b*, каротиноїдів), зменшувалось співвідношення хлорофілів *a/b* порівняно з рослинами, які вирощували за 60 % ПВ (див. табл. 3).

У разі внесення анальциму вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів) за вологості ґрунту 20 % ПВ зростав для всіх типів ґрунтів. Внесення анальциму стимулювало накопичення хлорофілу *a* також у решті варіантів вологості субстрату. За вологості субстрату 40 % ПВ відмінність вмісту хлорофілу *b* не перевищувала НІР, а вміст каротиноїдів підвищувався у рослин, які вирощували на ґрунтах 2 і 3 та дещо знижувався — у ґрунті 1. За вологості субстрату 60 % ПВ після внесення анальциму вміст хлорофілу *b* зростав у рослинах, вирощуваних на ґрунтах 2 і 3, та знижувався в рослин, вирощуваних на ґрунті 1, тоді як відмінність вмісту каротиноїдів не перевищувала НІР. Співвідношення хлорофілів *a/b* у разі внесення анальциму збільшувалось на всіх типах ґрунтів за всіх рівнів вологості.

Очевидно, за умов ґрунтової посухи (20 % ПВ) внесення анальциму в субстрат сприяло індукції синтезу фотосинтетичних пігментів у тканинах листків паростків кукурудзи. У літературі [11] підкреслено важ-

ТАБЛИЦЯ 1. Схожість насіння та середня маса сухої речовини (мг) надземних частин (н.ч.) і коренів рослин кукурудзи за внесення різних доз аналізму в субстрат

Вологість ґрунту, % ПВ	Доза аналізму, мг	Ґрунт 1				Ґрунт 2				Шібок			
		Схо-жість насіння, %	Корені	н.ч.	н.ч./ко-рені	Схо-жість насіння, %	Корені	н.ч.	н.ч./ко-рені	Схо-жість насіння, %	Корені	н.ч.	н.ч./ко-рені
		20	57,5	65,5	23,6	0,4	42,2	44,2	13,3	0,3	55,4	26,7	13,3
20	65,1	70,8	38,0	0,5	55,6	55,6	27,2	0,5	69,8	41,4	28,6	0,7	
20	65,2	90,9	36,6	0,4	57,8	54,8	29,0	0,5	74,9	39,4	32,5	0,8	
20	74,3	83,3	38,5	0,5	64,5	55,5	27,5	0,5	75,1	33,1	38,8	1,2	
НПР _{0,05}	0,99	1,3	0,8	0,8	0,71	0,9	1,5	1,0	0,70	0,7	0,5	0,4	
40	67,5	47,4	21,1	0,4	58,4	38,6	21,4	0,6	63,5	63,3	32,2	0,5	
40	75,4	49,4	29,4	0,6	72,1	55,5	35,5	0,6	65,1	109,3	49,3	0,5	
40	80,5	49,4	32,7	0,7	79,5	52,5	35,8	0,7	72,7	83,5	48,0	0,6	
40	85,6	50,9	39,5	0,8	84,3	68,6	33,9	0,5	80,1	80,5	49,5	0,6	
НПР _{0,05}	0,97	0,3	0,6	0,3	0,66	0,4	1,2	0,5	0,98	0,9	1,0	0,8	
60	77,5	42,4	35,2	0,8	72,3	89,0	44,0	0,5	75,5	60,6	31,9	0,5	
60	79,7	45,4	40,0	0,9	76,5	93,9	48,3	0,5	80,1	96,3	43,7	0,5	
60	87,5	51,4	40,5	0,8	85,8	104,5	92,7	0,9	86,8	90,5	55,8	0,6	
60	92,5	52,9	46,2	0,9	88,4	96,3	89,6	0,9	90,1	107,5	70,0	0,7	
НПР _{0,05}	1,11	0,7	0,8	0,6	0,57	0,5	2,2	0,6	0,52	0,5	0,5	0,5	

ТАБЛИЦА 2. Показники водного обміну листків кукурудзи залежно від дози анальциму в субстраті

Вологість ґрунту, % ПВ	Доза анальциму, мг	Ґрунт 1			Ґрунт 2			ґґсок		
		Вміст води, %	Водний дефіцит, %	Інтенсивність транспірації, мг/(год·см ²)	Вміст води, %	Водний дефіцит, %	Інтенсивність транспірації, мг/(год·см ²)	Вміст води, %	Водний дефіцит, %	Інтенсивність транспірації, мг/(год·см ²)
20	0	77,4	61,1	0,48	58,5	80,7	0,85	74,9	49,0	0,67
20	100	82,4	41,0	0,66	76,7	67,5	1,02	88,9	28,0	0,88
20	200	84,6	39,4	0,61	79,6	71,9	1,14	90,0	19,9	0,98
20	300	85,2	31,4	0,69	77,1	65,3	1,17	90,2	13,6	1,05
НР _{0,05}		1,7	2,3	0,23	2,9	3,3	0,34	1,9	3,8	0,26
40	0	85,2	29,8	0,81	87,1	17,8	1,10	87,3	30,8	0,97
40	100	89,6	25,2	0,89	91,7	9,7	1,34	91,3	19,6	1,12
40	200	90,8	19,2	1,09	92,7	5,7	1,41	91,6	16,6	1,24
40	300	91,0	17,8	1,09	93,5	3,8	1,55	92,5	10,8	1,22
НР _{0,05}		3,9	1,6	0,21	2,6	5,2	0,33	1,9	2,4	0,24
60	0	91,2	13,8	1,78	91,9	16,6	2,35	89,6	18,0	1,97
60	100	92,1	4,1	1,71	92,0	10,6	2,45	92,3	14,0	2,02
60	200	92,3	3,8	1,91	92,7	6,0	2,59	92,5	8,2	2,13
60	300	92,7	2,5	1,91	92,4	6,1	2,88	93,4	7,0	2,14
НР _{0,05}		2,9	1,9	0,4	1,4	0,1	0,48	3,1	2,5	0,27

ТАБЛИЦЯ 3. Вміст фотосинтетичних пігментів (мг/г сухої речовини листків кукурудзи) за внесення різних доз аналітичому в субстрат

Вологість ґрунту, % ПВ	Доза аналітичому, мг	Ґрунт 1			Ґрунт 2			Пісок		
		Хлорофіл а	Хлорофіл b	Каротиноїди	Хлорофіл а	Хлорофіл b	Каротиноїди	Хлорофіл а	Хлорофіл b	Каротиноїди
		20	4,5	3,4	2,0	2,6	1,9	1,2	4,2	2,9
20	6,5	5,6	3,2	7,5	4,5	1,8	7,0	3,6	2,1	
20	6,0	4,9	4,1	7,2	4,6	2,7	8,9	4,0	3,0	
20	6,4	4,6	4,8	7,8	4,9	2,5	9,0	3,8	2,8	
НП _{0,05}	0,7	0,1	0,3	1,2	1,2	0,2	1,2	1,2	0,4	
40	12,7	6,2	5,6	9,1	4,6	2,1	9,0	5,5	3,0	
40	17,1	6,0	3,7	10,4	4,4	2,1	12,9	6,1	3,4	
40	16,9	5,4	3,8	11,0	3,6	2,6	10,9	4,7	4,3	
40	18,0	6,0	3,9	11,7	3,7	3,0	11,6	4,6	4,1	
НП _{0,05}	1,2	0,8	1,1	1,1	1,1	0,6	2,1	2,3	0,8	
60	12,2	10,2	4,2	13,6	5,1	2,5	11,8	4,3	3,3	
60	12,8	10,0	3,8	15,0	5,0	2,8	14,1	4,5	3,4	
60	13,6	8,7	3,6	16,8	5,7	3,2	11,6	4,3	3,9	
60	13,5	7,2	4,2	19,5	6,6	2,9	19,9	5,1	4,0	
НП _{0,05}	0,5	0,2	0,5	1,1	1,3	0,7	3,1	0,6	0,7	

ТАБЛИЦА 4. Вміст проліну, флавоноїдів (мг/г сухої речовини) та активність каталази (мкмоль H_2O_2 / (хв · г сухої речовини)) в листках кукурудзи за внесення різних доз анальциму в субстрат

Вологість ґрунту, % ПВ	Доза анальциму, мг	Ґрунт 1			Ґрунт 2			Шсок		
		Пролін	Флавоноїди	Каталаза	Пролін	Флавоноїди	Каталаза	Пролін	Флавоноїди	Каталаза
20	0	3,2	1,55	6,15	4,5	1,67	4,43	2,5	1,43	4,48
20	100	3,3	1,65	6,68	3,8	7,62	3,30	1,8	1,65	4,41
20	200	2,3	4,49	7,89	2,5	5,83	5,65	1,7	1,85	4,75
20	300	2,0	4,57	7,89	2,4	7,16	8,47	1,7	3,11	7,23
40	0	2,1	5,90	10,67	3,0	9,29	8,44	1,5	2,48	3,54
40	100	2,5	2,43	8,87	2,1	4,75	4,81	1,3	2,19	3,06
40	200	1,5	5,92	14,21	2,0	5,20	10,84	1,5	1,98	3,63
40	300	0,4	5,26	19,54	2,3	3,92	10,86	0,9	1,62	4,21
60	0	1,4	3,05	8,98	2,9	5,83	7,22	1,9	2,01	3,03
60	100	1,0	3,44	9,66	1,1	5,76	9,02	1,4	1,91	2,68
60	200	0,6	3,02	9,66	1,6	5,08	9,00	1,6	1,28	1,61
60	300	0,9	2,55	7,70	1,3	5,04	6,19	1,2	1,26	1,52

ливість каротиноїдів у біосинтезі АБК й підтриманні життєздатності рослин у стресових умовах. Відомо також, що каротиноїди є компонентами антиоксидантної системи, яка бере участь у захисті мембран від пошкоджувального впливу вільних радикалів, що утворюються внаслідок водного стресу [12]. Оскільки фотосинтетичні пігменти дуже вразливі до руйнівної дії окисного стресу, збільшення вмісту каротиноїдів дуже важливе для захисту фотосинтетичної системи й підтримання її функціонування за умов посухи.

Дефіцит вологи у ґрунті призводив до посилення біохімічних процесів, пов'язаних із накопиченням захисних речовин — осморегуляторів (зокрема проліну), та активування антиоксидантних систем захисту клітинних мембран від ушкодження вільними радикалами, які утворюються внаслідок водного стресу.

Активування каталази у відповідь на стреси — ключовий процес формування захисних реакцій у рослинних клітинах. Каталаза розщеплює пероксид водню до кисню і води й тим самим запобігає токсичній дії на рослинний організм, не потребує відновного субстрату для підтримання своєї активності [13]. Внесення анальциму в ґрунт сприяло зниженню вмісту проліну в листках паростків кукурудзи за всіх досліджених рівнів вологості субстрату (див. табл. 4). Ефект позитивно корелював з концентрацією мінералу. Вміст флавоноїдів у разі внесення анальциму істотно зростав за мінімальної вологості субстрату (20 % ПВ) і знижувався за інших рівнів вологості (40 і 60 % ПВ). Збільшення вмісту флавоноїдів є характерною неспецифічною захисною реакцією рослин на стрес. Захисна функція флавоноїдів пов'язана з їх здатністю нейтралізувати майже всі типи активних форм кисню, які утворюються за окисного стресу [14]. Показано також, що флавоноїди і продукти їх метаболізму *in vivo* можуть стимулювати або інгібувати протеїнкіназні та ліпідкіназні сигнальні каскади розвитку стрес-реакцій [17]. Очевидно, за умов жорсткої посухи підвищення вмісту флавоноїдів під дією анальциму відповідає зростанню системної стійкості рослин до несприятливих чинників середовища. Це добре узгоджується з тенденцією збільшення маси паростків кукурудзи за впливу анальциму, а зменшення вмісту флавоноїдів під дією анальциму за вологості субстрату 40 і 60 % ПВ — зі зниженням напруженості стресового стану дослідних рослин.

Внесення анальциму також сприяло підвищенню активності каталази за вологості ґрунту 20 і 40 % ПВ. За вологості 60 % ПВ внесення анальциму призводило до зниження активності цього ферменту очевидно внаслідок зменшення напруженості загального стресового стану у тест-рослин за даних умов.

Отже, за умов ґрунтової посухи внесення анальциму в досліджену інтервалі доз сприяло активуванню систем антиоксидантного захисту (каталази, синтезу флавоноїдів, каротиноїдів), що, у свою чергу, нормалізувало водний обмін, поліпшувало процеси транспірації, синтезу фотосинтетичних пігментів у тканинах листків кукурудзи. У кінцевому підсумку внесення анальциму сприяло росту паростків кукурудзи за стресових умов. Накопичення осморегулятора проліну, навпаки, знижувалось за внесення анальциму. Тому ми вважаємо, що захисний ефект анальциму насамперед зумовлений активуванням систем антиоксидантного захисту і стимуляцією розвитку кореневої системи. Крім того, анальцим поліпшує водний режим субстрату створенням додаткового депо для вологи.

1. Григорюк И.А., Ткачев В.И., Савинский С.В., Мусиенко Н.Н. Современные методы исследований и оценки засухо- и жароустойчивости растений. Методическое пособие. — Киев: Наук. світ, 2003. — 139 с.
2. Матющенков В.В., Кособрюхов А.А., Шабнова Н.И., Бочарникова Е.А. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений // *Агрохимия*. — 2007. — № 5. — С. 63–67.
3. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — 255 с.
4. Практикум по физиологии растений / Под ред. проф. Н.Н. Третьякова. — М.: ВО «Агропромиздат», 1990. — 272 с.
5. Стаценко А.П., Бутылкин Ф.А. Биохимический прогноз жаростойкости у зерновых и бобовых культур // *Достижения науки и техники — АПК*. — 1999. — № 7. — С. 29–30.
6. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья. Методические указания к лабораторным занятиям / Под ред. М.Н. Комарова, Н.А. Николаева и др. — Санкт-Петербург: СПХФА, 1998. — С. 30–35.
7. Bates L.S., Waldrin R.P., Ter J.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // *Plant Soil*. — 1973. — **39**, N 1. — P. 205–208.
8. Epstein E. Silicon in plants: facts vs. concepts // *Silicon in Agriculture*. — Elsevier: Amsterdam, 2001. — P. 1–16.
9. Hiscox J.D., Israelstam C.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration // *Can. J. Bot.* — 1979. — **57**. — P. 1332–1334.
10. Ma J.F., Tamai K., Yamaji N. et al. A silicon transporter in rice // *Nature*. — 2006. — N 440. — P. 688–691.
11. Maluf M.P., Saab I.N., Wurtzel E.T., Sachs M.M. The Viviparous 12 maize mutant is deficient in abscisic acid, carotenoids and chlorophyll synthesis // *J. Exp. Bot.* — 1997. — **48**, N 311. — P. 1259–1268.
12. Pinzino C., Nanni B., Zandomeneghi M. Aging, free radicals and antioxidants in wheat seeds // *J. Agric. Food Chem.* — 1999. — **47**, N 4. — P. 1333–1339.
13. Polidoros A.N., Scandalois J.S. Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidant in the regulation of catalase and glutathione-S-transferase gene expression in maize (*Zea mays* L.) // *Physiol. Plant.* — 1999. — **106**, N 1. — P. 112–120.
14. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds // *Trends Plant Sci.* — 1997. — **2**. — P. 152–159.
15. Vooght W. Silicon application to rockwool grown cucumbers // *Glasshouse Crops research Station, Naaldwijk, The Netherlands. Annual report*. — 1990. — P. 12–13.
16. Vooght W. The effect of silicon application on roses in rockwool // *Glasshouse Crops research Station, Naaldwijk, The Netherlands. Annual report*. — 1992. — P. 17–18.
17. Williams R.J., Spencer J.P., Rice-Evans C. Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? // *Free Radic. Biol. Med.* — 2004. — **36**, N 7. — P. 838–849.

Отримано 20.06.2012

ИНДУКЦИЯ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЗАСУХУ У РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ АНАЛЬЦИМОМ ПРИ РАЗНЫХ УВЛАЖНЕННОСТИ И ТИПЕ ПОЧВЫ

Н.В. Заименко, Н.П. Дидык, О.И. Дзюба, О.В. Закрасов, Н.В. Росицкая, А.В. Витер

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко Национальной академии наук Украины, Киев

Изучали индукцию защитных реакций на засуху у растений кукурузы (*Zea mays* L., гибрид Титан 220 СВ), которые выращивали на почвах трех типов (тепличная почвосмесь, серый оподзоленный грунт, песок) путем добавления различных доз природного силицийсодержащего минерала — анальцима. Для этого моделировали уровни влажности субстрата 20, 40 и 60 % полной влагоемкости. Анальцим вносили в дозах 0, 100, 200 и 300 мг на 150 мл субстрата. Установлено его положительное влияние: увеличивались всхожесть семян, показатели роста; показатели водного обмена и содержания защитных веществ (пролина, флавоноидов, каталазы) в меньшей степени отклонялись от нормы в условиях дефицита влаги в почве. Доказана положительная зависимость силы эффекта анальцима от его концентрации. Рассмотрены особенности физиологических и биохимических реакций растений кукурузы на внесение анальцима в зависимости от типа почвы.

INDUCTION OF PROTECTIVE REACTIONS TO DROUGHT IN MAIZE BY ANALCITE UNDER DIFFERENT MOISTURE AND TYPE OF SOIL

N.V. Zaimenko, N.P. Didyk, O.I. Dzyuba, O.V. Zakrasov, N.V. Rositska, A.V. Viter

M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine
1 Timiryazevska St., Kyiv, 01014, Ukraine

The induction of protective reactions to drought in plants of maize (*Zea mays* L., hybrid Titan 220 SV), which were grown on three soil types (greenhouse soil mixture, gray podzolic soil and sand) by the addition of various doses of natural silica containing mineral — analcite was studied. The following levels of substrate moisture were modeled: 20, 40 and 60 % of full moisture capacity. The analcite was added at doses of 0, 100, 200 and 300 mg per 150 ml of the substrate. The positive effect was established: increased seed germination, growth rates; indices of water balance and the content of protective substances (proline, flavonoids, catalase) were less deviated from the norm under water deficit conditions. A positive correlation between effect of analcite and its concentration was shown. The features of the physiological and biochemical responses of maize plants to adding of analcite, depending on soil type have been considered.

Key words: maize, soil drought, protective reactions, analcite, soil type.