

Наука та інновації. 2009. Т. 5. № 3. С. 25–39.

**В.П. Антонюк, І.В. Драговоз,
Т.І. Маковейчук, А.В. Богданович, В.К. Яворська**

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Київ

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПРЕПАРАТУ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН З ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ



Розроблено технологію отримання препарату регулятора росту рослин. Для створення препарату як сировину використали біомасу рослин, мікроводоростей та мікроорганізмів. Наведено схеми його виробництва. Встановлено, що температурний режим висушування препарату суттєво впливає на вміст та якісний склад фітогормонів у препараті, що свідчить про можливість регуляції його компонентного складу і створення препаратів з певною кількістю фітогормонів цитокінінової або індольної природи. Продемонстровано фізіологічні ефекти препарату на різних сільськогосподарських культурах. Теоретично обґрунтована можливість використання препарату як елемента технології при вирощуванні основних сільськогосподарських культур.

Ключові слова: технологія, фітогормони, регулятори росту рослин, основні сільськогосподарські культури, продукційний процес.

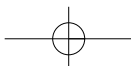
Великим досягненням в дослідженні фізіології рослин 20-го століття було створення теорії гормональної регуляції, яка включає уявлення про гормональний статус рослин та його генетичну детермінованість. Одним із авторів цієї теорії є український вчений *М.Г. Холодний* [1]. Вивчення ефектів, пов'язаних з фізіологічною функцією фітогормонів, відкрило шляхи до реальної можливості керування онтогенезом і продуктивністю рослин.

Наказом по Міністерству Агропромислового комплексу та УААН № 330/113 від 18 червня 1999 р. "Про впровадження нових регуляторів росту рослин" передбачено застосування регуляторів росту рослин як обов'язкового агрозаходу в технологіях виготовлення продукції рослинництва. На сьогодні для практичного застосування запропоновано низку син-

тетичних регуляторів росту і розвитку рослин, які є невід'ємним елементом при вирощуванні сільськогосподарських культур. Однак синтетичне походження таких регуляторів викликає певну засторогу щодо їх використання у рослинництві. Тому для практичного застосування дедалі більшою стає необхідність створення регуляторів росту і розвитку на основі природної сировини, зокрема відходів харчової, мікробіологічної промисловості, тваринництва тощо.

Відомо, що формування високої продуктивності рослин можна досягнути шляхом використання комплексу фізіологічно активних речовин, застосовуючи їх одночасно або послідовно. Проте основними перевагами регуляторів росту, створених на основі природної сировини є їх екологічна безпека, широкий спектр фізіологічних реакцій, які вони викликають, а також можливість метаболізації їх

© В.П. АНТОНЮК, І.В. ДРАГОВОЗ, Т.І. МАКОВЕЙЧУК,
А.В. БОГДАНОВИЧ, В.К. ЯВОРСЬКА, 2009



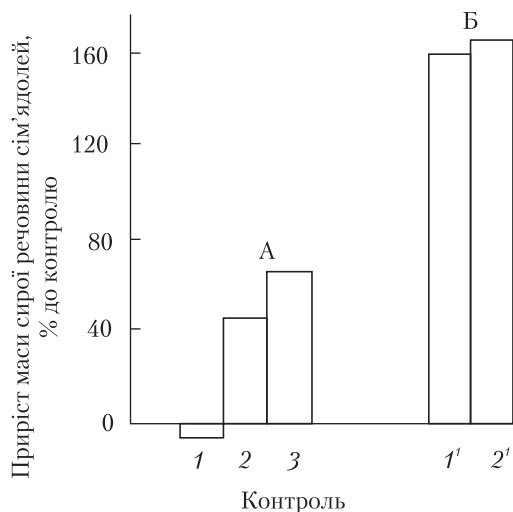
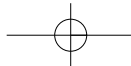


Рис. 1. Дослідження цитокінінової активності препарату, отриманого з корінців 7-денних рослин ячменю (А) і БАП (Б): 1 – концентрований препарат; 2, 3 – препарат розведений в 10 і, відповідно, 100 раз; 1' – 10^{-4} , 2' – 10^{-5} моль/л БАП

Таблиця 1

Вміст цитокінінів у відходах виробництва пива

Відходи	Вміст цитокінінів, мкг/г сухої речовини	
	Зеатин	Зеатин-рибозид
Корінці та проростки 7-денних рослин	9,25 ± 1,02	0,70 ± 0,02
Січка проростків ячменю	2,09 ± 0,20	—

рослинами. Характерною ознакою регуляторів росту рослин на основі природної сировини є їх комплексна позитивна дія та висока ефективність. Крім того, вони здатні нівелювати фітотоксичний ефект пестицидів, проявляти генопротекторні властивості, індукувати стійкість рослин до несприятливих чинників середовища. У деяких випадках вони проявляють біофунгіцидні властивості [2–10]. Тому в останні роки зусилля науковців спрямовані на розробку комплексних препаратів, до складу яких поряд з фітогормонами входили б елементи живлення та (в деяких випадках) сполуки, що сприяють підвищенню стійкості

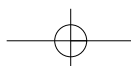
рослин до фітопатогенів. Ефективність таких препаратів залежить від вмісту в них фітогормонів, а також співвідношення між ними та іншими фізіологічно активними речовинами. Оскільки таких регуляторів росту порівняно небагато, питання щодо їх створення залишається актуальним, як і пошук для цього відповідної сировини.

**ХАРАКТЕРИСТИКА
ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ
ФІТОГОРМОНАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ**

Як сировину для створення фітогормонального препарату можна брати біомасу рослин, мікроводоростей або мікроорганізмів. Нами були досліджені відходи від виробництва пива, а саме січка проростків ячменю, корінці та надземна частина 7-денних рослин, які за технологією відносяться до складу відходів. Ця сировина має вміст фітогормонів, наведений у табл. 1.

В основу способу отримання регуляторів росту покладено спиртову екстракцію фітогормонів з наступним переведенням їх в органічну, а потім – у водну фазу [11]. Основну увагу було приділено отриманню регулятора росту з цитокініновою активністю. Для цього водний залишок доводили до $pH = 8,0$ з подальшою екстракцією цитокінінів *n*-бутанолом, який випарювали під вакуумом, а водну фазу використовували як джерело цитокінінів. Для вивчення вмісту цитокінінів використовували метод спектроденситометричної тонкошарової хроматографії (СДТШХ) [11]. Концентрування і очищення фітогормонів проводили на пластинках з оксидом кремнію ("Silufol UV-254", "Chemapol", Чехія, "Merck", 5715, F-254, Німеччина) та алюмінію ("Merck", 5713, F-254, Німеччина).

Кількісний аналіз фітогормонів здійснювали за допомогою скануючого спектроденситометра "Camag TLC Scanner" (Швейцарія). Для визначення цитокінінової активності використовували біотести (сім'ядолі огірка сорту Бригадний та Конкурент) [12]. Наявність цитокінінової активності визначали за збільшенням



маси сім'ядолей в дослідних пробах порівняно до контрольних.

Літературні дані свідчать, що джерелами для отримання регуляторів росту можуть бути відходи харчової промисловості (в т. ч. побічні і залишкові продукти спиртової промисловості, зокрема бактеріальна біомаса, яка накопичується при біологічному очищенні стічних вод; випарена післядріжджова барда та окремі штами мікроорганізмів чи їх асоціацій, що застосовуються для глибокої деструкції органічних речовин промислових стоків; відходи від виробництва грибів; морські водорості; біомаса так званих морських бур'янів тощо) [13–15]. Тому в подальшій роботі нами було досліджено вміст фітогормонів у широкому спектрі таких відходів. При цьому звертали увагу не тільки на вміст цитокінінів, але й на фітогормони індольної природи.

Для аналізу фітогормонів використовували той же метод [11]. Екстракти, які містили індоліл-3-оцтову кислоту (ІОК) розділяли на пластинках з оксидом кремнію ("Merck", N5713, F254) у суміші *хлороформ : етилацетат : оцтова кислота* (100:100:1). Для тестування ауксинів використовували відрізки етильованих колеоптилів пшениці (сорти Миронівська 808, Киянка) [16]. Результати досліджень свідчать, що "сирий" цитокініновий препарат, отриманий з екстрактів корінців молодих рослин ячменю, які складають найбільш вагомий компонент відходів при виробництві пива, проявляє досить високу цитокінінову активність (рис. 1). Активність тестувалася за різних розведень цього препарату (зокрема в 10 і 100 разів). Нерозведений препарат пригнічував приріст сиріої маси сім'ядолей, можливо, за рахунок супутніх речовин, які заважали виявленню цитокінінової активності у концентрованому препараті. Фізико-хімічним методом у цьому препараті ідентифіковано два цитокініни — зеатин та зеатин-рибозид (рис. 2).

Окремо проводився аналіз повітряно-сухої маси кормових дріжджів, які є відходами при виробництві спирту. Показано, що вони міс-

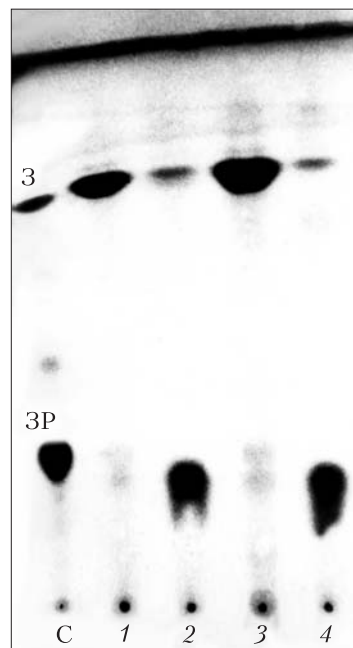


Рис. 2. Хроматографічний розподіл цитокінінових фракцій, попередньо очищених на пластинках "Silufol UV254", в тонких шарах алюмінію ("Merck"): З — зеатин, ЗР — зеатинрибозид, 1, 2, 3, 4 — окремі цитокінінові фракції

Таблиця 2

Вміст цитокінінів у відходах при виробництві етилового спирту

Відходи	Вміст цитокінінів, мкг/г сухої речовини	
	Зеатин	Зеатин-рибозид
Кормові дріжджі	31,11 ± 3,42	51,21 ± 5,64
Фільтрат (пермеат)	7,51 ± 0,91	31,29 ± 3,75

тили значно більше цитокінінів, ніж корінці та проростки, а також січка проростків ячменю (табл. 1). Щодо окремих цитокінінів, то найвищий вміст зеатину мали корінці та проростки молодих рослин ячменю та кормові дріжджі, зеатин-рибозиду — кормові дріжджі та фільтрат кормових дріжджів (пермеат) (див. табл. 2).

Значно вищою виявилась і фізіологічна активність цитокінінового препарату з кормових дріжджів: його специфічна активність прояв-

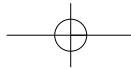


Рис. 3. Вплив цитокінінового препарату, включеного до складу композицій для інкрустування насіння, на ріст і розвиток кукурудзи (вік рослин — один місяць): 1 — контроль (без обробки); 2 — повна інкрустуюча суміш; 3, 4 — та ж суміш + препарат (25 і 2,5 % водної суміші)

лялася вже при розведенні в 250 раз. Далі досліджували фізіологічну активність отриманого шляхом екстракції кормових дріжджів препарату як найбільш збагаченого цитокінінами

на проростання насіння та ріст проростків кукурудзи. Цей препарат мав *pH*, близький до нейтрального, був солом'яно-жовтого кольору і містив 0,05 % цитокінінів (зеатину і зеатин-рибозиду). При введенні препарату до складу композиції для інкрустування насіння разом з протруйником та мікроелементами виявився чіткий стимулюючий ефект на ростові процеси (табл. 3, рис. 3) [17].

Результати досліджень свідчать про значне стимулювання росту рослин цитокініновим препаратом. Дія останнього залежала від концентрації препарату; найбільший ефект спостерігався у варіантах, де він складав 25 % суміші для інкрустації. Стимулююча дія препарату спостерігалася і в наступних фазах розвитку рослин кукурудзи. Дослідні рослини у місячному віці виявилися міцнішими, ніж контрольні; крім того, прискорювався їх генеративний розвиток. У подальшому вони формували масивніші качани, більшою виявилася і маса 1 000 зерен (табл. 4).

Таким чином, стимуляція ростових процесів на ранніх етапах онтогенезу приводила до інтенсифікації вегетативного та генеративного розвитку рослин і, як наслідок, позитивно впливала на формування врожаю цієї культури, що може бути використано як елемент технології при вирощуванні кукурудзи на зерно і силос.

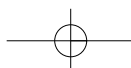
У подальшій роботі було досліджено надлишкову бактеріальну біомасу, яку отриму-

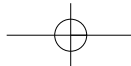
Таблиця 3

Вплив цитокінінового препарату, включеного до складу інкрустуючої суміші, на інтенсивність росту проростків кукурудзи *

Варіанти дослідів	Довжина проростка		Маса проростка	
	мм	%	г	%
Контроль, без обробки (К60)	17,60 ± 1,23	100	0,618 ± 0,020	100
К60 + повна інкрустуюча суміш	20,50 ± 1,60	110,4	0,682 ± 0,050	117,0
К60 + повна інкрустуюча суміш + препарат (25 % водної фази суміші)	37,80 ± 2,21	214,8	2,085 ± 0,035	337,5
К60 + повна інкрустуюча суміш + препарат (2,5 % водної фази суміші)	36,00 ± 1,19	204,5	1,766 ± 0,021	285,8

* У кожному досліді аналізували 25—30 проростків. Аналіз проводили на 14-й день після висівання насіння в умовах вегетаційного дослідів.





Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України

ють при очищенні стічних вод при виробництві спирту; випарену післядріжджову барду та окремі штами мікроорганізмів, які використовують для глибокої деструкції залишкових органічних речовин у промислових стоках. Отримані нами дані свідчать, що всі види сировини містили фітогормони, ідентифіковані нами як ІОК, зеатин чи зеатин-рибозид (табл. 5).

Значний вміст їх виявлено у випареній післядріжджовій барді. Крім ІОК та цитокінінів тут знайдено також абсцизову кислоту (АБК) у кількості 2,3 мкг/г сухої речовини. Певний інтерес в цьому відношенні мала біомаса ціанобактерій, одноклітинних фотосинтезуючих

водоростей, яка застосовувалася для глибокого доочищення стічних вод спиртових заводів. Як окремі культури (*Synechoccus cedrorum*, *Nostoc linckia*), так і їх асоціації накопичували значну кількість фітогормонів, переважно індольної природи. В окремих випадках (асоціація *Plectonema boryanum* + *Synechoccus cedrorum*) клітини мікроводоростей містили велику кількість (50,7 мкг/г сухої маси) АБК, причому високий вміст її знайдено також у культуральній рідині. Але найбільш перспективною сировиною для отримання фітогормонів виявилася кормова бактеріальна біомаса (КББ), отримана при використанні різних

Таблиця 4

Вплив цитокінінового препарату на показники урожаю кукурудзи*

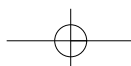
Варіанти дослідів	Маса одного качана		Маса 1 000 насінин	
	г	%	г	%
Контроль, без обробки (КБО)	157,00 ± 12,01	100	169,8 ± 7,3	100
КБО + повна інкрустуюча суміш	177,00 ± 9,50	112,7	179,0 ± 9,7	105,4
КБО + повна інкрустуюча суміш + препарат (25 % водної фази суміші)	183,00 ± 10,10	116,6	227,3 ± 10,0	133,9
КБО + повна інкрустуюча суміш + препарат (2,5 % водної фази суміші)	156,00 ± 7,77	99,4	198,1 ± 8,9	116,7

* У кожному з варіантів аналізували 20—30 качанів. Масу 1 000 насінин визначали в 3—4-х повтореннях.

Таблиця 5

Вміст фітогормонів у відходах спиртової промисловості, мікроорганізмах і мікроводоростях та їх асоціаціях, що застосовуються для глибокої деструкції органічних відходів стічних вод

Найменування зразків	Вміст фітогормонів, мкг/г сухої речовини			
	ІОК	АБК	Зеатин	Зеатин-рибозид
1. Випарена післядріжджова барда (Лужанський експериментальний завод)	сліди	2,3	3,6	2,8
2. Кормова бактеріальна біомаса (Івано-Франківський спиртовий завод)	9,0	—	20,1	50,0
3. Продукт термофільного метанового бродіння (Андрушівський спиртовий завод)	2,2	1,1	сліди	1,9
4. Термофільна метаногенна біомаса	2,3	0,3	сліди	7,3
5. <i>Synechoccus cedrorum</i>	1,6	7,6	0,03	2,7
6. <i>Nostoc linckia</i>	8,0	сліди	—	—
7. <i>Anabena</i> sp. + <i>Synechoccus cedrorum</i>	6,0	—	—	—
8. <i>Plectonema boryanum</i> + <i>Synechoccus cedrorum</i>	1,3	50,7	—	—
9. <i>Nostoc linckia</i> + <i>Synechoccus cedrorum</i>	3,8	2,3	—	—
10. <i>Plectonema boryanum</i> + <i>Synechoccus cedrorum</i>	2,3	—	5,0	—



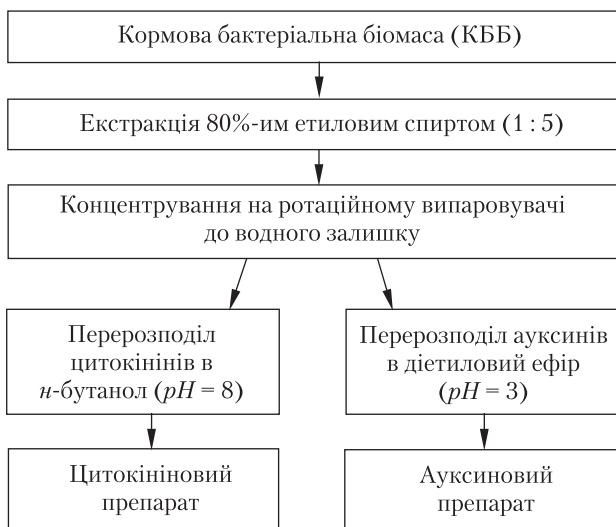
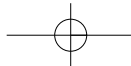


Рис. 4. Схема технологічних параметрів концентрування фітогормонів

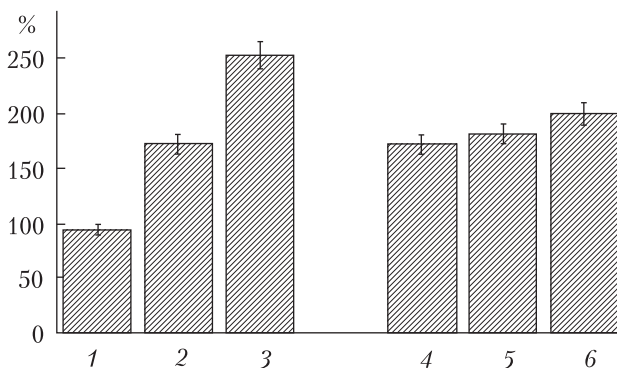


Рис. 5. Дослідження фізіологічної дії цитокінінового препарату у різному розведенні за допомогою біотесту – сім'ядолей огірків сорту Колективний (приріст маси – %): 1 – контрольний (без обробки); 2, 3 – БАП 1×10^{-4} і 10^{-5} М відповідно; розведення препарату: 4 – 1:200, 5 – 1 : 400, 6 – 1 : 800

Таблиця 6

Вміст фенольних сполук у двох препаратах фітогормонів з різною фізіологічною активністю

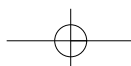
Препарати	Метод концентрування	Вміст фенольних сполук з розрахунку на 1 г сухої КББ, мг
Цитокініновий	На ротаційному випаровувачі	106,8
Ауксиновий		184,4

штамів *Pseudomonas sp.*, *Azomonas sp.* та *Aeromonas sp.* В ній знайдено до 50 мкг/г сухої маси цитокінінів, а також значну кількість ІОК.

СТВОРЕННЯ ФІТОГОРМОНАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ КОРМОВОЇ БАКТЕРІАЛЬНОЇ БІОМАСИ

У подальшій роботі ми використовували кормову бактеріальну біомасу. Для вивчення технологічних параметрів концентрування фітогормонів були обрані технологічні прийоми, вказані на рис. 4. В результаті (після концентрування відповідних екстрактів на ротаційному випаровувачі) отримали два "сирих" препарати, збагачені відповідно цитокінінами та ауксинами. Концентрація цитокінінів (зеатину та зеатин-рибозиду) в таких препаратах складала 70–95 мкг/г, а ауксинів (ІОК) – 10–16 мкг/г сухої маси КББ. Отримані препарати містили значну кількість супутніх речовин, які заважали тестуванню їх активності за допомогою відповідних біотестів. Основними із забруднюючих компонентів препаратів були сполуки фенольної природи (табл. 6).

Для видалення фенольних сполук застосовували відповідним чином підготовлений капрон, який зв'язував сполуки фенольної природи [18]. З цією метою водні розчини екстрактів доводили до $pH = 3,0$ і додавали капрон у кількості 20–500 мг на 1 г вихідної сировини. При такій обробці в першому препараті виявили від 0,1 до 2 мг/г вихідної сировини сполук фенольної природи, що практично не впливало на активність цитокінінів при біотестуванні (табл. 7). Цей препарат проявляв досить високу фізіологічну активність навіть при великих (у 800 разів) розведеннях, стимулював наклювання насіння кукурудзи та приріст маси проростків після замочування в розчинах з різним розведенням (рис. 5, табл. 8). Він відрізнявся від іншого (ауксинового) препарату відсутністю фарбуючих речовин, мав світло-жовтий колір. Ауксиновий препарат навіть після тривалої обробки активованим капроном мав коричневе забарвлення, що свідчить про значну кількість супутніх речовин, від яких не мож-



на було позбавитись за допомогою активованого капрону. Тому, незважаючи на високий вміст ІОК в даному препараті, ауксинова активність слабо виявлялася за допомогою біотестування (табл. 9). Неактивним виявився цей препарат і при випробуванні його в дослідах по індукції ризогенезу (при роботі з живцями смородини та при зеленому живцюванні винограду). На відміну від ІОК він не стимулював утворення коренів у живців цих двох культур, що свідчить про маскування його фізіологічної активності під впливом супутніх речовин. Використання в цих технологіях *n*-бутанолу та діетилового ефіру є небажаним, оскільки сприяє підвищенню собівартості препаратів та створює труднощі екологічного плану. Тому в подальшому зусилля спрямовувалися на розробку технології, що виключає застосування цих двох екстрагентів.

Нами розроблена технологія отримання фітогормональних препаратів без додаткової рекстракції певних груп фітогормонів. Технологічні параметри процесу отримання фітогормонального препарату наведені в табл. 10. Технологія включала екстракцію кормової бактеріальної біомаси 80%-м етиловим спиртом, концентрування водного залишку, його підкислення та обробку активованим капроном. Для видалення нерозчинного осаду та кормової бактеріальної біомаси застосовували дві мембранні технології — мікрофільтрацію та ультрафільтрацію. Відповідно до цієї технології було апробовано методи висушування "сирих" препаратів за допомогою розпилю-

Таблиця 7

Визначення фізіологічної дії цитокинінового препарату в біотесті сім'ядолей огірків (сорт Колективний)

Варіант	Приріст сім'ядолей, %
Контрольний	100
Бензиламінопурин (БАП), 10^{-4}	216
БАП, 10^{-5}	367
Препарат, розведення:	
1 : 200	216
1 : 400	232
1 : 800	294

Таблиця 8

Вплив цитокинінового препарату на приріст маси проростків кукурудзи після замочування насіння в розчинах препарату

Варіант	Абсолютне значення приросту проростків, г/на проросток	Приріст, %
Контрольний	0,152	100
Препарат, розведення:		
1 : 20	0,165	108,6
1 : 40	0,167	110,0
1 : 80	0,186	122,6

Таблиця 9

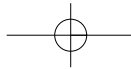
Вплив ауксинового препарату на приріст колеоптилів озимої пшениці (сорт Миронівська 808)

Варіант	Приріст колеоптилів
Контрольний	100
ІОК, 10^{-5} М	152,4
Препарат, розведення:	
1 : 200	105,3
1 : 400	113,0

Таблиця 10

Технологічні параметри процесу отримання фітогормонів

Найменування процесу	Технологічні параметри
Екстракція біомаси	$C_{\phi} = 50$ мкг/г СР, $C_{\text{спирт}} = 80\%$, $t = 15-25$ °С, $\tau = 24$ год., $pH = 7,5-8,0$ МФФК-3, $t = 15-25$ °С, $\Delta P = 0,05$ МПа $t = 60$ °С, $P = 0,009$ МПа, $C_{\text{вих}} = 20\%$ СР $t = 15-25$ °С, $\tau = 24$ год., $C_{\text{капрон}} = 100$ мг/г СР АЦ-10, $t = 15-25$ °С, $\Delta P = 0,4$ МПа $t_{\text{вх}} = 130$ °С, $t_{\text{вих}} = 80$ °С, $C_{\text{фітогорм}} = 400$ мкг/г СР
Мікрофільтрація	
Упарювання	
Сорбція	
Ультрафільтрація	
Сушіння	



Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України

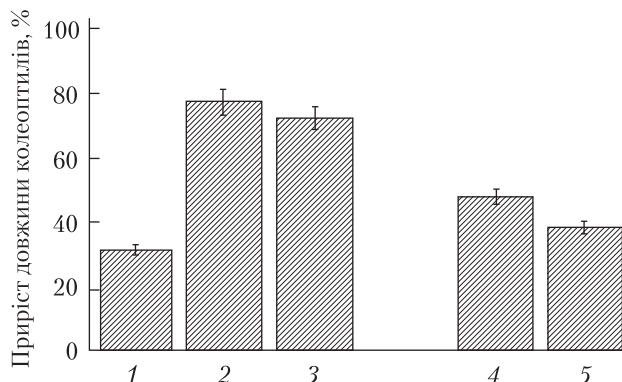


Рис. 6. Дослідження ауксинової активності препаратів, отриманих на основі кормової бактеріальної біомаси: 1 – контроль; 2 – 2×10^{-4} М ІОК; 3 – 3×10^{-4} М ІОК; 4, 5 – препарати 1 і 2 (розведення в 1 000 разів)

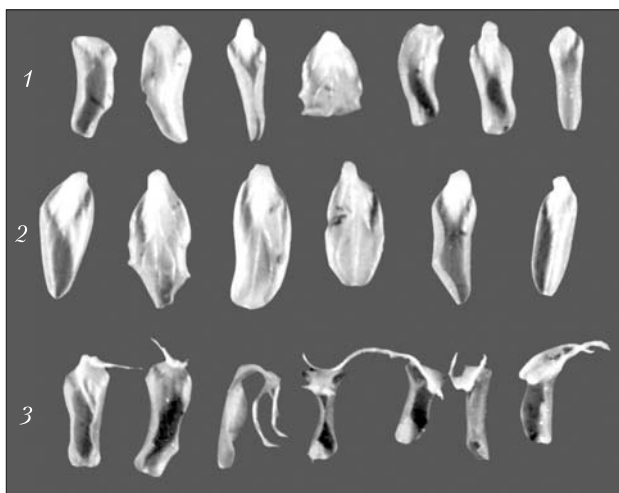


Рис. 7. Вплив препарату на ризогенез сім'ядолей огірка (сорт Бригадний): 1 – контроль; 2 – 10^{-4} М БАП; 3 – розчин препарату розведений у співвідношенні 1 : 200

вальної сушарки з різними тепловими режимами. Було проаналізовано три препарати. В табл. 11 наведено дані про вміст фітогормонів у препаратах, висушених за допомогою різних теплових режимів при внесенні в рідкі екстракти певних добавок, зокрема крейди. Внесення цієї добавки виключало утворення густої пастоподібної та гігроскопічної маси, для висушування якої потрібен тривалий час. Наведені дані свідчать, що 2-й і 3-й препарати (з додаванням крейди) містили практично однакову кількість як зеатину, так і зеатин-рибозиду. Оскільки одиниця сухої маси двох останніх препаратів містила лише половину маси першого, то можна зробити висновок про позитивний вплив крейди на процес висушування препаратів. Це стосується фітогормонів як цитокінінової, так і індольної природи. Відносно останніх температурний режим препарату 2 ($130/84$ °C) виявився оптимальним, хоча подальше підвищення температури на вміст цитокінінів не впливало.

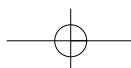
Таким чином, температурний режим висушування суттєво впливав на вміст та якісний склад фітогормонів, що давало можливість регулювати компонентний склад препарату, створювати препарати з певною кількістю фітогормонів цитокінінової чи індольної природи. Два останніх препарати було випробувано на фізіологічну активність. Наведені на рис. 5 дані свідчать про наявність цитокінінової активності в препаратах, отриманих при різних температурних режимах (3 – $130/84$ °C, 4 – $150/90$ °C), навіть при досить значних (в 400 і

Таблиця 11

Вміст фітогормонів у препаратах, висушених при різних теплових режимах *

Варіанти препарату	Температурний режим, °C	мг/г сухої речовини		
		ІОК	зеатин	зеатин-рибозид
Чистий препарат	130/80	707,8	74,4	178,2
Препарат з добавкою крейди (1 : 1)	130/84	205,8	56,7	91,8
Препарат з добавкою крейди (1 : 1)	150/90	135,6	56,8	92,6

* Обрахунки здійснювали з урахуванням втрат при аналізі фітогормонів. В чисельнику — температура на вході, в знаменнику — на виході з сушарки



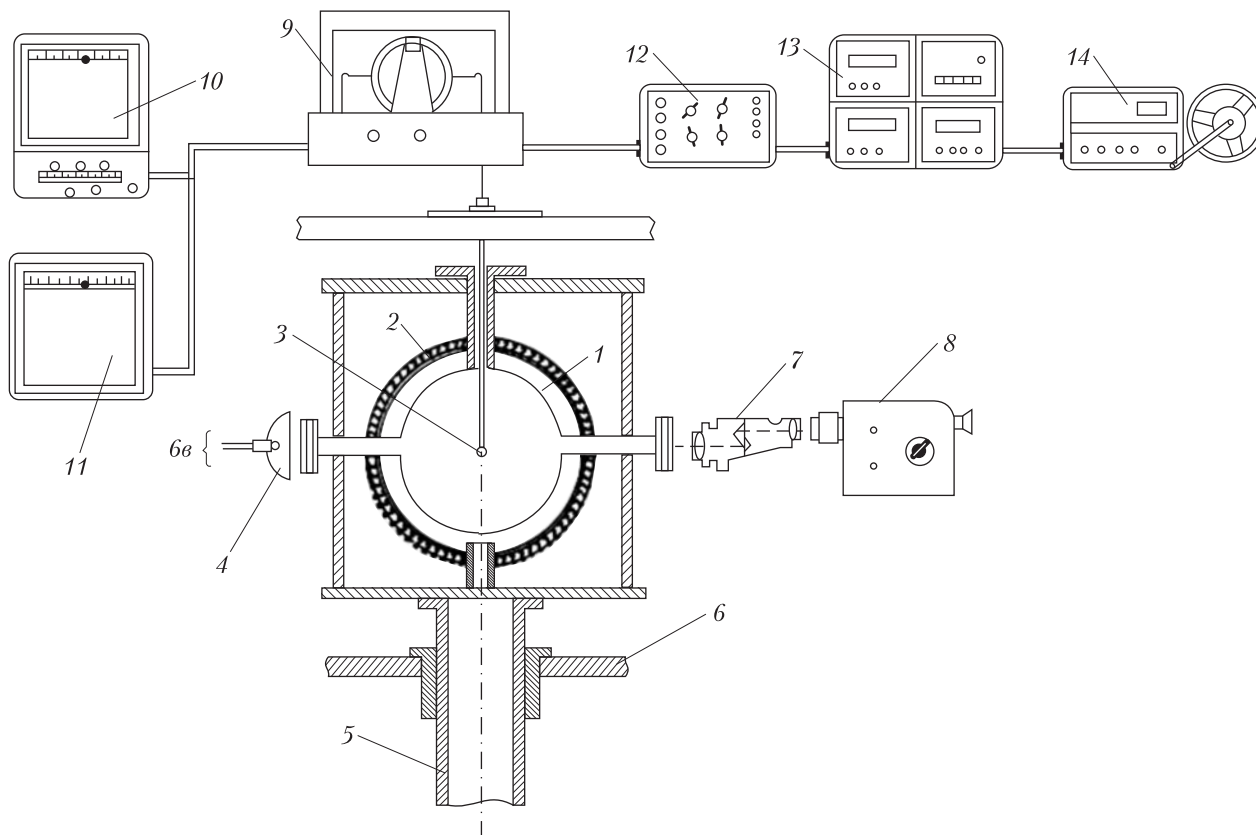
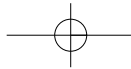


Рис. 8. Схема експериментального стану для дослідження кінетики в стаціонарному середовищі: 1 – мікроскоп; 2 – кіноапарат; 3 – циліндрична труба; 4 – шток; 5 – пола куля; 6 – електричний нагрівач; 7 – терморпара з навісною краплиною; 8 – потенціометр фіксування температури; 9 – потенціометр фіксування маси краплини; 10 – електронна вага; 11–13 – автоматичні потенціометри

800 разів) розведеннях. Під їх впливом стимулювалося проростання насіння та ріст вегетативної маси кукурудзи (табл. 12).

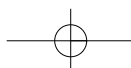
Ауксинова активність препаратів проявлялася при розведенні в 1 000 разів (рис. 6). Але при тривалому (до 10 днів) інкубуванні сім'я-

Таблиця 12

Вплив цитокінінового препарату на проростання насіння та ріст вегетативної маси проростків кукурудзи (гібрид Піонер 234) при включенні його до складу інкрустуючої суміші*

Варіант	Насіння, що проросло на 3-й день після висівання, %	Схожість насіння, %	Маса одного проростка, г (через 15 днів)
Контрольний	58,3	93,0	0,83 ± 0,024
Плівкоутворювач	60,0	96,6	0,86 ± 0,031
Препарат, 600 мг / 1 кг насіння	83,4	100,0	0,96 ± 0,32
Препарат, 400 мг / 1 кг насіння	63,3	96,6	0,92 ± 0,023

* Вміст цитокінінів у препараті — 90 мкг, ІОК — 15 мкг на г сухої маси, співвідношення *суха маса препарату : крейда* — 1 : 1



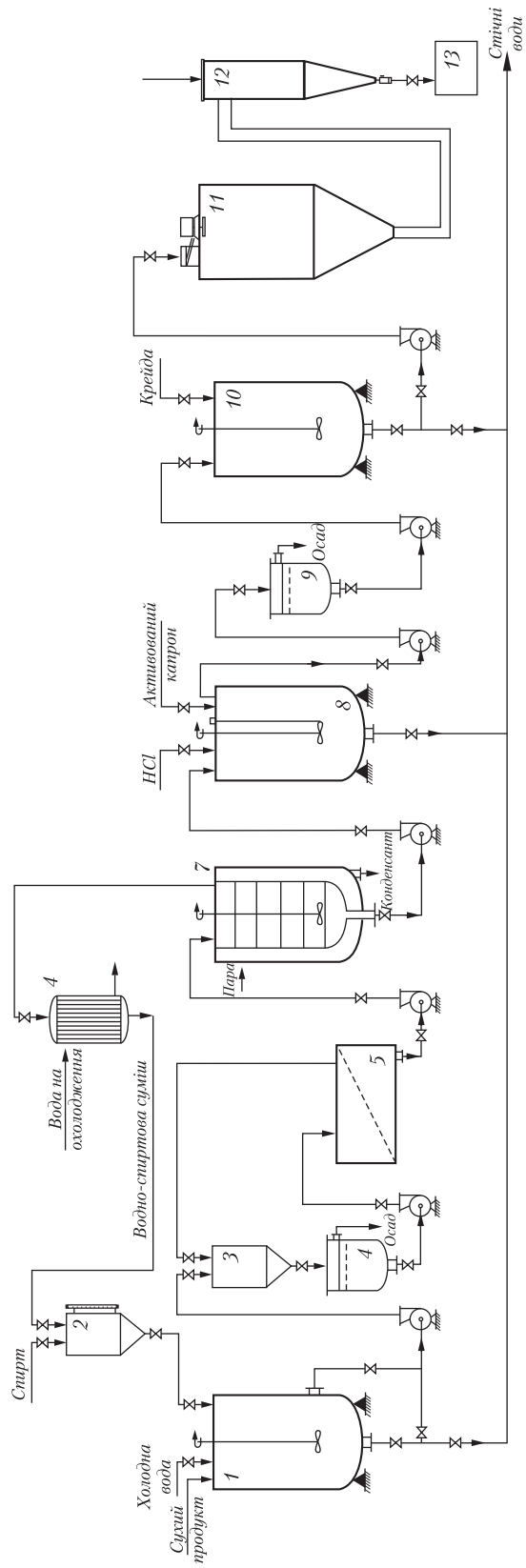
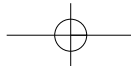


Рис. 9. Апаратурно-технологічна схема виробництва фітогормонального препарату регулятора росту рослин: 1 – екстрактор; 2 – збірник водно-спиртової суміші; 3 – збірник екстракту; 4 – нутч-фільтр; 5 – нутч-фільтр; 6 – холодильник; 7 – вакуум-випарна установка; 8 – реактор; 9 – нутч-фільтр; 10 – змішувач; 11 – розпилювач; 12 – циклон; 13 – збірник сухого продукту



Таблиця 13

Основні показники фітогормонального препарату

Найменування показника, одиниці виміру	№ 1	№ 2
Масова частка вологи, % не більше	6,0	6,0
ІОК, мкг/г сухої речовини	250	50
Зеатин, мкг/г сухої речовини	60	60
Зеатинрибозид, мкг/г сухої речовини	90	90
Зольність у перерахунку на суху речовину, % не більше	48	48
Нешкідливість, у тест-дозі	Не шкідливий	Не шкідливий

Таблиця 14

Токсичність препарату регулятора росту рослин

Доза, г/кг	Кількість тварин у групі	Смертність в абсолютних числах	LD ₅₀ , г/кг	Клас токсичності
8	6	0	>17,0	IV клас (малотоксичні сполуки)
12	6	0		
17	6	0		

долей у розчинах цих препаратів спостерігався чіткий ризогенний ефект, властивий саме фітогормонам індольної природи (рис. 7). У варіантах з одним синтетичним цитокініном такого ефекту не було виявлено.

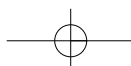
Таким чином, змінюючи тепловий режим висушування, можна створювати препарати, що містять як цитокініни, так і ауксини або отримувати препарати з вузьким спектром фізіологічної дії, але з вищою стійкістю до температурного та світлового факторів, оскільки до них чутливі саме індольні сполуки.

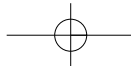
Технологія отримання препарату регулятора росту розроблялася у відділі фізіології росту і розвитку рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України в рамках наукових проєктів 1996–1999 рр., а також 2002–2007 рр. за участі Інституту технічної теплофізики НАН України.

Дослідження кінетичних закономірностей процесу розпилювальної сушки екстрактів фітогормонів проводилися на експериментальному стенді для досліджень у статичних умо-

вах за участі Інституту технічної теплофізики НАН України. Експериментальний стенд (рис. 8) для дослідження кінетики сушки в стаціонарному середовищі був використаний для вивчення кінетики зневоднення краплин розчинів та суспензій в інтервалі температур повітря 20–300 °С. Краплина досліджуваного розчину підвішується на мікротермопару, яка закріплена на коромислі електронної мікроваги. На стрічці електронного потенціометра автоматично ведеться синхронний безперервний запис температури та маси краплини в процесі видалення вологи. Безперервно фіксується також температура повітря в камері, яка вимірюється двома термопарами (у стінці камери та поблизу краплини). За допомогою телескопічної лупи здійснюється візуальне спостереження та мікрофотографування процесу сушки краплини, що дає можливість побудувати залежність $\delta = f(\tau)$, яка синхронна в термограмі та масограмі.

Крива зміни маси записується автоматичним потенціометром, зв'язаним з прецизійною електронною вагою. Остання є коромисловим торсійним двочашковим приладом, який працює за принципом автоматичного врівноваження. Він має пристрій для компенсації впливу конвективного теплового потоку в камері на підвіску. Конструкція мікроваги забезпечує можливість змінювати у процесі дослідів діапазон вимірів: 0–200; 0–500; 0–1 000; 0–5 000 мг з ціною поділки реєструючого приладу 2,5 : 10 : 50 мг відповідно. За допомогою стенда можна оцінювати інтегральний вологовміст краплини





Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України

розчину в процесі сушки як функцію часу $u = f(\tau)$ і як функцію температури краплини $u = f(T)$. Водночас інформація, отримана на цьому стенді, дає можливість зв'язати зміну температури і маси краплини з її поточним діаметром і фіксувати зміни форми краплини на всіх стадіях сушки. Стенд обладнаний автоматизованою системою, яка забезпечує можливість видачі числових значень вимірюваних параметрів на цифрових приладах через короткі проміжки часу, синхронний друк числових значень і фіксацію їх на перфострічці для наступного розрахунку на ЕОМ часової залежності тих параметрів, які безпосередньо на стенді не вимірюються.

Перевага методики полягає у високій відтворюваності результатів і можливості одночасно-

го отримання великої кількості інформації з високим ступенем точності. Її недоліком є принципова неможливість вивчення кінетики зневоднення краплини в потоці теплоносія, а також при безперервній зміні температури і вологості теплоносія в процесі сушки — для цих умов створені спеціальні стенди. На основі отриманих результатів були визначені оптимальні умови розпилювальної сушки препарату і переробки його для подальших технологічних випробувань.

На рис. 9 представлена апаратурно-технологічна схема виробництва препарату регулятора росту та розвитку рослин. В екстракторі № 1 проводиться екстрагування діючої речовини 70%-м етиловим спиртом, який поступає зі збірника водно-спиртової суміші № 2. Екстракт

Таблиця 15

Вплив цитокінінового препарату на схожість насіння та ростові параметри цукрових буряків (сорт Ювілейний)*

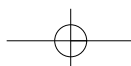
Варіант	Польова схожість		Суха маса 100 проростків			
	абсолютна	відносна, %	наземна частина		корені	
			г	%	г	%
Контрольний	68,0 ± 3,4	100	1,12 ± 0,03	100	0,25 ± 0,01	100
Арцерид, 5 г/кг насіння	78,1 ± 3,1	115	1,83 ± 0,07	86	0,21 ± 0,01	85
ТМТД, 5 г/кг насіння	75,7 ± 3,03	112	1,58 ± 0,04	74	0,20 ± 0,01	80
Препарат, 20 г/кг насіння	79,5 ± 3,9	117	2,62 ± 0,11	124	0,31 ± 0,02	121
Препарат, 20 г/кг насіння + арцерид	81,6 ± 3,3	120	2,20 ± 0,08	104	0,26 ± 0,015	105
Препарат, 20 г/кг насіння + ТМТД	75,8 ± 2,2	112	2,4 ± 0,10	113	0,27 ± 0,021	106

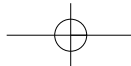
* Посів — 04.04. Облік схожості проводили 26.04, облік інтенсивності росту осьових органів — 25.05

Таблиця 16

Вплив препарату на ростові параметри та урожай цукрового буряка (сорт Ювілейний) після обприскування ним листкової поверхні

Варіанти	Маса коренів, г						Цукри в коренях на сиру масу, %	
	через 18 днів		через 48 діб		в період збирання врожаю		абсолютне значення	% від контролю
	г	%	г	%	г	%		
Контрольний	5,1	100	56,4	100,0	312 ± 12,2	100,0	16,4	100
Препарат:								
0,5 г/л	11,8	231	61,4	108,9	398 ± 19,0	127,6	16,38	99,8
1,0 г/л	12,0	235,3	74,8	132,6	402 ± 20,1	128,0	16,41	100,2
20 г/л	7,2	141,2	59,2	104,9	332 ± 16,3	106,4	16,32	99,6





фітогормонів спрямовується у збірник № 3 і піддається попередній фільтрації на НУТЧ-фільтрі № 4. Отриманий фільтрат додатково піддається фільтрації на мікрофільтраційній установці № 5, звідки передається на вакуум-випарну установку № 7. Водно-спиртова пара, що утворюється в вакуум-випарній установці, поступає в холодильник № 6, а водно-спиртова суміш спрямовується у збірник водно-спиртової суміші № 2. Упарений продукт обробляється в реакторі № 8 активованим капроном. Для видалення осаду коекстрактивних сполук, сорбованих активованим капроном, використовують НУТЧ-фільтр № 9. Перед висушуванням продукт для зменшення гігроскопічності обробляється в змішувачі № 10 наповнювачем (крейдою) або цеолітом. Отриманий продукт сушать в розпилювальній сушарці № 11. Для зменшення витрат застосовують циклон № 12. Залежно від необхідної фізіологічної дії фітогормонального препарату його висушування проводять при температурі 130 °С на вході в сушарку і при температурі 84 °С на виході із сушарки для отримання препарату з підвищеним вмістом ауксинів або при температурі 150 °С на вході в сушарку і при температурі 90 °С на виході із сушарки для отримання препарату з підвищеним вмістом цитокінінів. Готовий сухий продукт збирають у збірнику № 13. Після висушування отримують фітогормональний препарат з вмістом вологи 6–8 % і вмістом фітогормонів 0,4 г/кг або 0,04 %. Препарат регулятора росту має порошкоподібний вигляд з добавкою крейди або цеоліту в співвідношенні

1 : 1. Фітогормональний препарат повинен відповідати вимогам, наведеним у табл. 13.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ФІТОГОРМОНАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ

Гостра токсичність фітогормонального препарату вивчалася за методом Літчфільда і Уілкінсона на білих мишах (самцях і самках) масою 20–25 г. Препарат у вигляді пасти вводили в шлунок миші за допомогою зонду в дозах 8, 12, 17 г/кг живої ваги тварин. Введення високих доз препарату досягається за рахунок високої розчинності препарату у воді (максимальне співвідношення 2,3 : 1).

За мишами спостерігали протягом 14 діб. Як показали результати досліду, візуальні ознаки інтоксикації були відсутні. За час спостереження дослідні тварини не відрізнялися від контрольних за зовнішнім виглядом, поведінкою, рухомою активністю, частотою приймання їжі та води. Летальних випадків не траплялося. Гостра токсичність препарату при пероральному введенні його мишам наведена в табл. 14. На основі результатів дослідів можна зробити висновок, що ЛД₅₀ фітогормонального препарату перевищує 17 г/кг. Згідно з класифікацією І.В. Саноцького та М.П. Уланової це відповідає IV класу токсичності, який включає малотоксичні сполуки.

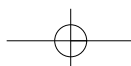
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОГОРМОНАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ

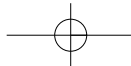
Однією з найбільш поширених в Україні сільськогосподарських культур є цукрові буря-

Таблиця 17

**Вплив препарату регулятора росту рослин на приріст зеленої маси,
вміст білку та насінневу продуктивність люцерни**

Варіанти	Середня вага 1 рослини (через 28 днів після обробки)		Азот на абсолютно суху речо- вину, %	Білок на суху речовину, %		Середня маса насіння на 1 рослину		Середня маса 1 000 насінин	
	г	%		абсолютне значення	% від контролю	г	% від контролю	г	% від контролю
Контрольний	3,6	100	2,5	15,6	100	0,67	100	2,3	100
Препарат: 0,5 г/л	3,9	108,3	2,8	17,4	111,5	0,70	104,5	2,34	101,7
Препарат: 1 г/л	4,4	122,2	2,98	18,6	119,2	0,89	132,8	2,51	108,9





ки, які відносяться до так званих "стратегічних" культур. Для отримання високих врожаїв цієї культури використовують інтенсивні технології, одним з елементів яких є застосування посівного матеріалу з високою лабораторною та польовою схожістю. Для підвищення схожості насіння рекомендують використовувати регулятори росту, перш за все — синтетичні. Це, в свою чергу, разом із одночасним застосуванням високотоксичних фунгіцидів-протруйників збільшує хімічне навантаження на довкілля.

Нами досліджувався вплив препарату (сумарний вміст цитокінінів — 90 мкг, ІОК — 15 мкг на г сухої маси, співвідношення *суха маса препарату : крейда* — 1 : 1) на проростання цукрового буряка (сорт Ювілейний) та приріст урожаю після використання його як компонента інкрустуючої суміші та при обприскуванні листової поверхні. Розмір ділянок брали 4 м² (10-кратна повторність); як плівкоутворювач застосовували карбоксиметилцелюлозу (КМЦ) (табл. 15).

Отримані дані свідчать, що препарат дозою 20 г/кг насіння (препарат — 10 г, наповнювач — 10 г) на 17 % стимулював проростання насіння цукрового буряка. При цьому на 21–24 % збільшувалася суха маса надземної частини та коренів цієї культури. Певну стимулюючу дію на проростання насіння (але не на ріст осьових органів) проявляли і протруйники (арцерид та ТМТД). При одночасному включенні препарату та протруйників до складу інкрустуючої суміші спостерігалася стимуляція проростання насіння, яка в подальшому позитивно впливала на ріст надземної частини та коренів. Ефективним виявився препарат і при обприскуванні листової поверхні цієї культури (табл. 16). Найбільш ефективною була доза препарату 1 г/л (витрати — 300 л/га), при використанні якої урожай цукрового буряка збільшувався на 28 % (близько 90 ц/га).

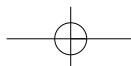
Окремий розділ досліджень проводився щодо вивчення впливу препарату на ріст та насінневу продуктивність люцерни, частка посівів якої серед багаторічних трав в Україні складає

70–75 %. Вона є найкращою сировиною для виготовлення високобілкового трав'яного борошна, сіна, білково-вітамінних концентратів, тому після обробки посівів розчинами препарату особлива увага приділялася аналізу вмісту протеїну. З цією метою проводили вегетаційні досліди в піщаній культурі на 1/4 поживної суміші Гельригеля з малими дозами азоту та в умовах дрібноділянкових дослідів (4 м², 6-кратна повторність). Рослини обприскували препаратом у фазі бутонізації (табл. 17). Обприскування препаратом на 22 % підвищило вихід маси та на 32,8 % — насінневої продуктивності. Одночасно дещо зростала маса 1 000 насінин, що є важливим показником якості насіння. Велике значення мало збільшення (на 11–19 %) вмісту білка, що містить незамінні амінокислоти і, таким чином, сприяло підвищенню кормової цінності цієї культури. Виходячи з цих даних, ми розраховували збільшення урожаю зеленої маси та насінневої продуктивності люцерни з гектара. Так, при витратах препарату 0,5–1 г/л (350–400 л/га) урожай зеленої маси зростає на 57–95 ц/га, насіннева продуктивність — до 0,15–0,96 ц/га.

Таким чином, препарати регуляторів росту рослин можуть бути використані для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема врожаю зеленої маси кукурудзи та люцерни, коренеплодів цукрового буряка та насінневої продуктивності бобових трав. Ймовірно, препарат може бути ефективним і при використанні його для інших сільськогосподарських культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Холодний М.Г. Вибрані праці. — К.: Наук. думка, 1970. — 450 с.
2. Швелуха В.С. Новый этап в развитии теории и практики фитогормональной регуляции растений. Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях // Тезисы докладов. — М.: Изд. МСХА. — 2001. — С. 3–6.
3. Пономаренко С.П., Черемха В.М., Анішин Л.А. та ін. Біостимулятори росту рослин нового покоління в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. — К.: ВВП "Компас", 1997. — 63 с.





4. Алекперов У.К. Антимутагенез. — М.: Наука, 1984. — 104 с.
 5. Бариляк И.Р., Исаева А.В. Антимутагенные и генопротекторные свойства препаратов растительного происхождения // Цитология и генетика. — 1994. — **28**, № 3. — С. 3—17.
 6. Лазаренко Л.М., Безруков В.Ф., Храпунов С.Н. Влияние рибофлавина на уровень хромосомных aberrаций у лука батуна // Цитология и генетика. — 1997. — **31**, № 1. — С. 3—6.
 7. Fujioka S., Li I., Sakurai A. Brassinosteroids // Nat. Prod. Rep. — 1997. — **14**. — P. 1—10.
 8. Мусіяка В.К. Антимутагенна дія регулятора росту еміситу в кореневих меристемах гороху та пшениці // Физиология и биохимия культурных растений. — 2002. — **34**, № 1. — С. 45—51.
 9. Крючкова Л.О., Гладун Г.О., Драгозов І.В. та ін. Вплив регуляторів росту природного походження на індукцію стійкості проти церкоспорельозу у проростків озимої пшениці // Физиология и биохимия культурных растений. — 2005. — **37**, № 5. — С. 422—428.
 10. Крючкова Л.О., Яворська В.К., Драгозов І.В. та ін. Формування папіл при церкоспорельозній інфекції та їх роль у формуванні стійкості проти хвороби // Физиология и биохимия культурных растений. — 2005. — **37**, № 2. — С. 152—159.
 11. Савинский С.В., Кофман И.П., Кофанов В.И., Стасевская И.П. Методические подходы к определению фитогормонов с помощью спектроденситометрической тонкослойной хроматографии // Физиология и биохимия культ. растений. — 1987. — **19**, № 2. — С. 210—215.
 12. Методические рекомендации по определению фитогормонов. — К.: Ин-т ботаники АН Украины, 1988. — 80 с.
 13. Драгозов І.В. Відходи спиртодріжджового виробництва як джерело фітогормонів // Доповіді НАН України. — 1998. — № 3. — С. 170—174.
 14. Перепелица Л.И., Нестерова А.Н., Мусатенко Л.И. Действие метаболитов грибов на прорастание семян // Физиология и биохимия культурных растений. — 2001. — **33**, № 1. — С. 64—68.
 15. O'Sullivan J.T. Kerry Algae LTD 2001 and beyond: an overview // Proc. of the Intern. Symposium on microalgae and seaweed products in plant/soil system. — Mosonmagyaróvár, Hungary, 2001. — P. 26.
 16. Бойчук О.Б., Зайцева Л.М. Застосування тесту коротких відрізків пшеничних колеоптилів для визначення ауксинів // Укр. бот. журн. — 1977. — № 6. — С. 632—639.
 17. Троян В.М., Безвешок З.О., Листопад Т.А. Вплив передпосівної обробки насіння фізіологічно активними речовинами на генеративний розвиток кукурудзи // Физиология и биохимия культурных растений. — 1993. — **25**, № 2. — С. 144—151.
 18. Грахов В.П. Алелопатична функція фенольних сполук *Persica vulgaris* // Укр. бот. журнал. — 1990. — **46**, № 4. — С. 98—100.
- В.П. Антонюк, І.В. Драгозов, Т.І. Маковейчук,
А.В. Богданович, В.К. Яворська
- ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТА
РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ
ИЗ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**
- Разработана технология получения препарата регулятора роста растений. Для создания препарата в качестве сырья использовали биомассу растений, микродорослей и микроорганизмов. Приведены схемы его производства. Установлено, что температурный режим высушивания препарата существенно влияет на содержание и количественный состав фитогормонов в препарате, что позволяет регулировать его компонентный состав и создавать препараты с определенным количеством фитогормонов цитокининовой и индольной природы. Продемонстрированы физиологические эффекты препарата на разных сельскохозяйственных культурах. Теоретически обоснована возможность использования препарата как элемента технологии при выращивании сельскохозяйственных культур.
- Ключевые слова:* технология, фитогормоны, регуляторы роста, основные сельскохозяйственные культуры, производственный процесс.
- V.P. Antonyuk, I.V. Dragovoz, T.I. Makoveychuk,
A.V. Bogdanovych, V.K. Yavorska
- TECHNOLOGY OF PLANT GROWTH
REGULATOR FROM WASTE PRODUCTS
OF FOOD INDUSTRY**
- Technology of plant growth regulator is elaborated. Plant, microalgae and microorganisms biomass was used as a starting material for the production of this growth regulator. The technological schemes of regulator preparation are described. Temperature conditions of drying process are shown to influence significantly on the phytohormones content and qualitative composition of end product. This dependence has made possible the regulation of preparate composition as well as generation of preparates with specified amount of phytohormones of cytokinine or indole type. The physiological effects of preparate on various agricultural crops are shown. The possibility of preparate use as technology element in growing of main agricultural crops is theoretically justified.
- Key words:* technology, phytohormones, plant growth regulators, main agricultural crops, production process.
- Надійшла до редакції 06.11.08.

