

Активіація росту та розвитку буряків цукрових на мікростадіях 00–09 за внесення добрив з нанорозмірними елементами

Н. В. Новицька¹, С. М. Каленська^{1*}, О. І. Присяжнюк^{2,3}, В. В. Мельниченко⁴

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

²Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: ollpris@gmail.com

³Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

⁴ТОВ «Авіасон Девелормент», вул. акад. Глушкова, 31-А, м. Київ, Україна

Мета. Пошук шляхів активізації проростання насіння буряків цукрових, отримання дружніх, синхронних сходів шляхом застосування композицій добрив з нанорозмірними елементами. **Методи.** Вегетаційний та лабораторний. Насіння буряків цукрових висівали в підготовлений посуд з ґрунтом з дотриманням вимог методик до вегетаційних дослідів. Добрива вносили у вигляді розчинів з різним їхнім співвідношенням відповідно до шести мікростадій. **Результати.** На 01 мікростадії за шкалою ВВСН (через 1³⁰ години після сівби) було відмічено збільшення маси плодів буряків в усіх варіантах – в контрольному варіанті на 9,78%; за внесення нанодобрив – 20,4–23,7%. Діаметр плодів змінювався аналогічно змінам маси: в контрольному варіанті зміна діаметру становила 4,95%; у варіантах з внесенням нанодобрив 9,56–13,9%. За різних схем внесення добрив відмічали зміни як у швидкості формування органів паростків, так і їхніх лінійних розмірів. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії за рівномірного внесення підвищених норм цинку і фосфору, через 40 годин після сівби, склала 0,540–2,671 мм. За інших комбінацій добрив появу зародкового корінця було відмічено лише через 44 години після сівби. Через 60 годин після сівби (07 мікростадія шкали ВВСН) відмічався повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка за внесенням нанохелатних мікродобрив та лише початок виходу сім'ядолей в контрольному варіанті. За рахунок інтенсивніших процесів набубнявіння та проростання відбувалося прискорення росту колеоптиле буряків цукрових. **Висновки.** Рівномірне забезпечення насіння цинком і особливо фосфором на фоні базового комплексного добрива з нанорозмірними елементами сприяло активізації проростання насіння та інтенсивному формуванню синхронно розвинутих паростків. У середньому на 4 години прискорювалось відкриття кришечки плоду і поява кореня; на 6 годин раніше відбувався вихід сім'ядолей. За внесення нанохелатних добрив ріст кореня та видовження гіпокотила на перших мікростадіях проростання плодів буряка цукрового прискорювався вдвічі, за рахунок чого сходи буряків цукрових з'являлися на 4–6 годин раніше. Нанохелатні мікродобрива, сприяючи дружньому та синхронному проростанню, розвитку проростків буряків цукрових забезпечували синхронну появу сходів та формування заданої густоти посіву без подальшої редукції рослин.

Ключові слова: маса та діаметр плоду; ріст і розвиток за шкалою ВВСН; проростання насіння; лінійні розміри первинних корінців; нанодобрива.

Вступ

Нанопрепарати, впливаючи на складно організовані в генетичному відношенні конструкції рослинного організму сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур через комплексні зміни протікання фізіологічних і біохімічних процесів й реалізації їхнього генетичного потенціалу в умовах постійно діючих абіотичних і біотичних чинників, сприяють забезпеченню рослинного організму енергетичними та адаптивними ресурсами [1, 2].

За застосування нанорозмірних макро- та мікроелементів відбувається активізація продукційного процесу за рахунок активізації та зростання продуктивності фотосинтезу, імунокорекції, регуляції росту та антистрессової дії, фітопатогенної стійкості та бактеріцидної дії тощо [3, 4, 5]. Нанопрепарати в технологіях вирощування сільськогосподарських культур обумовлюють отримання стабільно високої врожайності за використання суттєво менших норм добрив і зростання ефективності засвоювання елементів живлення [6–8].

Для реалізації біологічного потенціалу сучасних сортів важливе значення мають посівні якості насіння – сукупність ознак, що характеризують придатність насіння до сівби – енергія проростання, схожість насіння та інші критерії [9–12].

Оскільки насіння буряків цукрових містить відносно мало поживних речовин, про-

Nataliia Novytska
<https://orcid.org/0000-0002-7645-4151>
Svitlana Kalenska
<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>
Oleh Prysiazhniuk
<http://orcid.org/0000-0002-4639-424X>
Vadym Melnychenko
<https://orcid.org/0000-0002-8584-4119>

цес проростання до появи асимілюючих листків повинен протікати швидко [9]. За уповільнення цих процесів поживні речовини можуть вичерпуватися до появи сходів, що викликає зрідженість посівів унаслідок низької польової схожості. До відкриття «кришечки» плодів доступ вологи і кисню до паростка регулюється так званою базальною порою. У фазі проростання і появи сходів цукрові буряки дуже чутливі до несприятливих зовнішніх чинників [9]. Паростки дуже чутливі до хвороб і шкідників, посухи, перезволоження, високої концентрації солей у ґрунтовому розчині [8].

На початку вегетації, коли лише формується коренева система, необхідно, щоб в ґрунті в зоні коренів містилася достатня кількість доступних елементів живлення [13]. Нестача елементів живлення у цей період затримує ріст і розвиток рослин, що в подальшому обумовлює зниження рівня урожайності та якості коренеплодів. У той же час, паростки дуже чутливі до підвищеної концентрації солей у верхньому шарі ґрунту – може спостерігатися ефект токсичності, що проявляється через появу недорозвинутих паростків і в подальшому формуються зріджені посіви зі слабкими рослинами, особливо на легких і бідних гумусом ґрунтах, які мають низьку сорбційну здатність [13, 14].

За вирощування буряків цукрових передпосівний обробіток ґрунту проводять на глибину загортання насіння і на таку саму глибину переважно вносять й добрива, підвищуючи концентрацію солей в ґрунті в зоні розміщення насіння. Крім того, скорочується час між внесенням добрив і сівбою, що зменшує тривалість реакції між ґрунтовими колоїдами і поживними солями, підвищуючи небезпеку їхньої токсичної дії на молоді рослини. У зв'язку з цим набуває актуальності пошук та застосування нових форм добрив і способів підготовки насіння до сівби [10, 15].

Мета досліджень полягала в пошуку шляхів активізації проростання насіння буряків цукрових, отримання дружних, синхронних сходів шляхом застосування композицій добрив з нанорозмірними елементами живлення.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводились у навчально-науковій лабораторії «Якості насіння та садивного матеріалу» та в науково-дослідній лабораторії «Аналітичні дослідження в рослинництві» кафедри рослинництва Національ-

ного університету біоресурсів і природокористування України.

Дослідження з нанохелатними добривами (дослід 1) проводили в умовах лабораторії, з використанням різних співвідношень трьох видів добрив: Nano Chelate Fertilizer Super Micro Plus (*NCF SMP*); Nano Chelate Fertilizer Zink, 20% (*NCF Zn*); Nano Chelate Fertilizer Phosphorus, 25% (*NCF P*).

Концентрація діючої речовини в *NCF SMP* (нанохелатне добриво супер мікро плюс) складає: Fe – 4,5%; Zn – 8%; Mn – 0,8%; K – 3%; Mg – 6%; Cu – 0,65%; N – 5%; P – 3%; Mo – 0,1%; Ca – 6%; B – 0,65%. Концентрація діючої речовини в *NCF Zn*, 20% така: N – 5%; Zn – 20%, а в *NCF P*, 25%: P – 25% (P_2O_5 – 65% від загального вмісту).

Схемою проведення досліджень з метою встановлення оптимального співвідношення добрив (грам/літр) передбачалося шестикратне поетапне внесення добрив впродовж макростадії 0 (табл. 1).

Така схема була вибрана з метою встановлення оптимального співвідношення мікроелементів на початкових мікростадіях розвитку буряків цукрових. У варіанті 1 всі види добрив вносили в усі шість прийомів і, зокрема, на перших мікростадіях вносили більшу частину цинку (64%), а фосфор – рівномірно із зростаючою нормою в середині макростадії.

Таблиця 1

Схема сумарного внесення видів добрив, г/л (дослід 1)

Варіант	<i>NCF SMP</i>	<i>NCF Zn</i>	<i>NCF P</i>
Варіант 1	7	11	13
Варіант 2	9	8	8
Варіант 3	8	12	7
Контроль – без внесення	-	-	-

У другому варіанті комбінації форм добрив була зростаюча норма *NCF SMP*, зменшена норма *NCF Zn*, та рівномірне внесення *NCF P*. У третьому варіанті комбінацій добрив у першій половині макростадії вносили всю норму цинку, а в другій половині – всю норму фосфору. Насіння висівали на глибину 3 см в ємкості з ґрунтом (6 кг ґрунту). Повторність шестиразова.

Закладали одночасно ще один дослід з метою фіксації настання мікростадій росту та розвитку насіння (дослід 2). У цьому досліді насіння висівали в посуд з об'ємом 150 грамів ґрунту.

Температура повітря в приміщенні де прощувалось насіння вдень була 23–24 °С; вночі – 14–15 °С. Вологість ґрунту складала 80% НВ. Дослідження передбачали визна-

чення: часового інтервалу настання мікростадій за шкалою ВВСН, маси й діаметру насіння. Насіння буряків цукрових попередньо промивали під проточною холодною водою відповідно до діючих стандартів [5].

Закладання дослідів й обліки проводили відповідно до вітчизняних та міжнародних стандартів і правил, а також офіційних методик [17, 18, 19, 20, 21].

Результати досліджень

На початкових етапах дослідження проводили визначення тривалості мікростадій макростадії 0 відповідно до уніфікованої шкали ВВСН. Було встановлено швидкість процесів розвитку насіння на ранніх мікростадіях розвитку. Загальна тривалість проростання насіння за сприятливих умов склала 76 годин (табл. 2).

Таблиця 2

Хронологія мікростадій макростадії 0 шкали ВВСН росту та розвитку буряків цукрових (дослід 2)

Мікростадія за шкалою ВВСН	Опис процесів, які відбуваються за проходження мікростадії	Настання мікростадій, годин після сівби
00	Сухі плоди (коробочки або горішки)	–
01	Набубнявіння – початок поглинання води насінням	1,5–2,0
03	Кінець набубнявіння плодів: кришечка відкрита	20–24
05	Поява зародкового корінця	40–44
07	Вихід сім'ядолей	60–64
09	Сходи, поява сім'ядолей на поверхні ґрунту	72–76

Для встановлення динаміки розвитку плодів буряків цукрових проводили обліки – знімали заміри насінини та паростків у п'ять етапів.

На першому етапі обліку – 01 мікростадія ВВСН (через 1³⁰ години після сівби) було відмічено збільшення маси плодів буряків в

усіх варіантах, а за внесення мікродобрив процеси обміну в насінні відбувалися інтенсивніше. Так, у контрольному варіанті зміна ваги плодів у середньому становила 9,78%; у варіанті 1 – 23,7; варіанті 2 – 21,1; варіанті 3 – 20,4% (табл. 3).

Діаметр плодів змінювався аналогічно змінам маси: у контрольному варіанті зміна діаметра плодів у середньому становила 4,95%; у варіанті 1 – 13,9%; варіанті 2 – 10,3%; варіанті 3 – 9,56% (табл. 4).

На другому етапі обліку – 03 мікростадія ВВСН (кінець набубнявіння плодів, кришечка відкрита), відкриту кришечку плодів у варіанті 1 відмічено через 20 годин після сівби, тоді як у плодів буряків цукрових в інших варіантах відкриття кришечки відмічено не раніше, ніж через 24 години після сівби, що свідчить про значне прискорення ростових процесів за внесення нанохелатних добрив у комбінації з вищим вмістом цинку і фосфору. Висота відкритої щілини плоду становила від 0,085 мм до 0,175 мм.

Середня маса плодів буряків цукрових на II етапі досліджень (табл. 3) у контрольному варіанті збільшувалася на 8,56% порівняно з масою на мікростадії 01 і на 18,9% відносно ваги сухого насіння (мікростадія 00); у варіанті 1 композиції нанохелатних мікродобрив – на 10,5 та 36,4%; у варіанті 2 – 4,17 та 26,1; у варіанті 3 – на 4,69 та 25,8% відповідно. Подібну залежність встановлено і за вимірювання діаметра плодів: збільшення розмірів горішків буряків у контрольному варіанті становило 4,55% відносно розмірів на мікростадії 01 ВВСН і на 9,70% відносно сухого насіння; у варіанті 1 – на 13,1 та 28,8%; варіанті 2 – 5,16 та 16,1%; варіанті 3 – на 10,3 та 20,7% відповідно.

Третій етап обліку відповідав 05 мікростадії ВВСН і вимірювання проводили за появи зародкового корінця та поступового зниження інтенсивності зміни маси плодів. За внесення нанохелатних мікродобрив за схемою

Таблиця 3

Маса плоду буряків цукрових, залежно від мікростадії проростання

Варіант	Мікростадія за шкалою ВВСН											
	00 ¹			01 ²			03 ³			05 ⁴		
	г	г	% до 00	г	г	% до 01	г	г	% до 03	г	г	% до 00
К	0,017	0,018	9,78	0,020	0,020	8,56	0,021	0,021	6,31	0,021	0,021	26,4
1	0,016	0,020	23,6	0,022	0,022	10,5	0,023	0,023	5,05	0,023	0,023	43,2
2	0,016	0,019	21,1	0,020	0,020	4,17	0,021	0,021	3,45	0,021	0,021	30,4
3	0,015	0,019	20,4	0,019	0,019	4,69	0,022	0,022	11,8	0,022	0,022	40,3
НІР _{0,05}	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–

Примітка: ¹ – сухі плоди; ² – початок поглинання води, через 1³⁰ години після сівби; ³ – кінець набубнявіння – кришечка відкрита, через 22 години після сівби; ⁴ – поява зародкового корінця, через 44 години після сівби.

Таблиця 4

Діаметр плоду залежно від мікростадії розвитку

Варіант	Мікростадія за шкалою ВВСН					
	00 ¹		01 ²		03 ³	
	мм	мм	% до 00	мм	% до 01	% до 00
К	3,40	3,57	4,95	3,73	4,55	9,70
1	3,20	3,65	13,9	4,06	13,1	28,8
2	3,21	4,53	10,3	3,71	5,16	16,1
3	3,28	3,60	9,56	3,95	10,3	20,7
НР _{0,05}	0,09	0,08	–	0,09	–	–

варіанта 1 маса плодів суттєво (23,6%) збільшувалася на 01 мікростадії ВВСН (1 етап обліку): дещо менше – 10,5% на 03 мікростадії ВВСН (2 етап обліку) і лише до 5,05% на 3 етапі обліку відносно маси з попереднього етапу обліку.

Подібну закономірність відмічено і за внесення добрив за схемою варіанта 2. Маса плодів на 01 мікростадії ВВСН збільшувалася на 21,1%; на 4,17% на 03 мікростадії ВВСН; на 3,45% на 05 мікростадії ВВСН відносно маси попереднього етапу проведення обліків. Отримані дані свідчать також про суттєве прискорення процесів набубнявіння, наклювання і переходу до проростання на даних варіантах дослідів на відміну від контролю, де маса плодів на всіх етапах підрахунків змінювалася меншою мірою – 9,78% на 01 мікростадії ВВСН; 8,56% на 03 мікростадії ВВСН та 6,31% на 05 мікростадії ВВСН.

Дещо по іншому відбувався процес зміни маси плодів буряків цукрових за внесення добрив за схемою варіанту 3: інтенсивне наростання маси на 01 мікростадії – 21,1%; лише на 4,69% на 03 мікростадії; та до 11,8% на 05 мікростадії відносно попередньої маси. У цілому приріст маси плодів до 05 мікростадії ВВСН за внесення нанохелатних мікродобрив був досить суттєвим і становив: 43,2% (1 варіант); 30,4% (2 варіант); 40,3% (3 варіант) за 26,4% – у контрольному варіанті.

За різних схем внесення добрив відмічали зміни як у швидкості формування органів паростків, так і їхніх лінійних розмірів. Довжина зародкового корінця на 05 мікростадії за схеми внесення варіанту 1 через 40 годин після сівби була від 0,540 до 2,671 мм. В усіх інших варіантах дослідів на 05 мікростадії ВВСН появу зародкового корінця відмічено лише через 44 години після сівби. Так, у контрольному варіанті з шести повторень корінець довжиною 1,591 мм відмічено лише в одного плоду; у варіанті 2 – у двох плодів з довжиною 0,313 та 0,745 мм відповідно. У варіанті 3 через 44 години після сівби ще закінчувалося набубнявіння пло-

дів (03 ВВСН) і в них лише була відкрита кришечка.

Далі тривав активний ріст зародкового корінця. Інтенсивніше ріст зародкового корінця відбувався за комбінації внесених елементів у варіанті 1.

Четвертий етап обліку проводили на 07 мікростадії ВВСН. Через 60 годин після сівби було відмічено повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка у варіантах дослідів з внесенням нанохелатних мікродобрив (варіанти 1–3) та лише початок виходу сім'ядолей – у контрольному варіанті (рис. 1). За рахунок інтенсивніших процесів набубнявіння та проростання на перших мікростадіях відбувається прискорення росту первинного корінця буряків цукрових і в подальшому. На 07 мікростадії ВВСН середня довжина корінця в контрольному варіанті становила 1,5 см; у варіанті 1 – 3,3 см або перевищувала контроль на 120%; варіанті 2 – 2,8 см або на 87%; варіанті 3 – 2,5 см або на 67%. Довжина гіпокотилля при цьому досягала 0,7 см у контрольному варіанті, у варіанті 1 – 1,5 см; варіанті 2 – 1,1 см; варіанті 3 – 0,9 см.



Рис. 1. Розвиток кореневої системи та паростків буряків цукрових, 07 ВВСН

Примітка. К – контроль, варіант 1, варіант 2, варіант 3.

Повний вихід сім'ядолей з гнізда клубочка в контрольному варіанті відмічено через 66 годин після сівби. У варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрив спостерігалось видовження гіпокотилля від 1,2 см (варіант 3) до 2,5 см (варіант 1). У цей час довжина кореня за внесення добрив сягала 4,0–4,5 см у варіантах 1–3 дослідів та 2,0–2,5 см – у контрольному варіанті.

Також на етапі виходу сім'ядолей встановлено візуальну різницю щодо розвитку паростків у контрольному варіанті та у варіантах з внесенням нанохелатних мікродобрив. У варіанті 1 відмічено дружний, синхронний розвиток плодів в усіх шести повтореннях і середня довжина кореня становила вже 4–5 см.

На п'ятому етапі обліку (мікростадія 09 ВВСН) встановлено, що за внесення нанохелатних мікродобрив (варіанти 1–3) сходи на поверхні ґрунту з'являлися через 70–72 години; в контрольному варіанті – через 76 годин.

Висновки

Рівномірне забезпечення насіння цинком і, особливо, фосфором на фоні базового комплексного добрива з нанорозмірними елементами сприяло активації його проростання та інтенсивному формуванню синхронно розвинутих паростків. У середньому на 4 години прискорювало відкриття кришечки плоду і появу колеоптиля; на 6 годин раніше відбувався вихід сім'ядолей.

За внесення нанохелатних добрив ріст кореня та видовження гіпокотила на перших мікростадіях проростання плодів буряка цукрового прискорювали вдвічі, за рахунок чого сходи буряків цукрових з'являлися на 4–6 годин раніше.

Нанохелатні мікродобрива, сприяючи дружньому та синхронному проростанню, розвитку проростків буряків цукрових забезпечували рівномірну появу сходів і формування заданої густоти посіву без подальшої редукції рослин.

Використана література

- Corradini E., Moura M. R., Mattoso L. K. Preliminary Study of the Incorporation of NPK Fertilizer into Chitosan Nanoparticles. *eXPRESS Polym. Lett.* 2010. Vol. 4, Iss. 8. P. 509–515. doi: 10.3144/expresspolymlett.2010.64
- Tiwari D. K., Dasgupta-Schubert N., Villaseñor Cendejas L. M. et al. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Appl. Nanosci.* 2013. Vol. 4, Iss. 5. P. 577–591. doi: 10.1007/s13204-013-0236-7
- Naderi M. R., Danesh-Shahraki A. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 2013. Vol. 5, Iss. 19. P. 2229–2232.
- Prittesh K., Heena B., Rutvi B. et al. Synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Withania somnifera* and antifungal effect against *Fusarium solani*. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2018. Vol. 25, Iss. 5. P. 1–6. doi: 10.9734/IJPSS/2018/45460
- Rastogi A., Zivcak M., Sytar O. et al. Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Front. Chem.* 2017. Vol. 5. Art. 78. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- El-Bendary H. M., El-Helaly A. A. First record nanotechnology in agricultural: Silica nanoparticles a potential new insecticide for pest control. *Appl. Sci. Report.* 2013. Vol. 4, Iss. 3. P. 241–246.

- Malik S., Kumar A. Approach for nano-particle synthesis: using as nano-fertilizer. *Int. J. Pharm. Res. Biosci.* 2014. Vol. 3, Iss. 3. P. 519–527.
- Chinnamuthu C. R., Murugesu Boopathi P. Nanotechnology and Agroecosystem. *Madras Agric. J.* 2009. Vol. 96, Iss. 1–6. P. 17–31.
- Frese L., Desprez B., Ziegler D. et al. Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in *Beta. Broadening the Genetic Base of Crop Production* / H. D. Cooper, C. Spillane, T. Hodgkin (Eds.). Rome : CABI Publ., 2001. P. 295–309. doi: 10.1079/9780851994116.0295
- Prasad R., Kumar V., Prasad K. S. Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. *Afr. J. Biotechnol.* 2014. Vol. 13, Iss. 6. P. 705–713. doi: 10.5897/AJBX2013.13554
- Савченко В. В., Синявський О. Ю., Захлюпаній О. П., Цибулько П. О. Замочування насіння сільськогосподарських культур у магнітоактивованій воді. Енергетика і автоматика. 2019. № 4. С. 25–31. doi: 10.31548/energiya2019.04.025
- Gardea-Torresdey J. L., Parsons J. G., Gomez E. et al. Formation and growth of au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Lett.* 2002. Vol. 2, Iss. 4. P. 397–401. doi: 10.1021/nl015673+
- Srivastava A., Rao D. P. Enhancement of seed germination and plant growth of wheat, maize, peanut and garlic using multi-walled carbon nanotubes. *Eur. Chem. Bull.* 2014. Vol. 3, Iss. 5. P. 502–504. doi: 10.17628/ecb.2014.3.502-504
- Preetha S. P., Balakrishnan N. A review of nano fertilizers and their use and functions in soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6, Iss. 12. P. 3117–3133. doi: 10.20546/ijc-mas.2017.6.12.364
- Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
- Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості : ДСТУ 4138-2002. [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
- Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
- International Rules for Seed Testing / ISTA. Bassersdorf, Switzerland, 2014.
- Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості : ДСТУ 2240-93. [Чинний від 1994-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.

References

- Corradini E., Moura M. R., & Mattoso, L. K. (2010). Preliminary Study of the Incorporation of NPK Fertilizer into Chitosan Nanoparticles. *eXPRESS Polym. Lett.*, 4(8), 509–515. doi: 10.3144/expresspolymlett.2010.64
- Tiwari, D. K., Dasgupta-Schubert, N., Villaseñor Cendejas, L. M., Villegas, J., Carreto Montoya, L., & Borjas Garcha, S. E. (2013). Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (*Zea mays*) and implications for nanoagriculture. *Appl. Nanosci.*, 4(19), 577–591. doi: 10.1007/s13204-013-0236-7
- Naderi, M. R., & Danesh-Shahraki, A. (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *Int. J. Agric. Crop Sci.*, 5(19), 2229–2232.
- Prittesh, K., Heena, B., Rutvi, B., Sangeeta, J., & Krunal, M. (2018). Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Withania somnifera* and Antifungal Effect against *Fusarium solani*. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 25(5), 1–6. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- Rastogi, A., Zivcak, M., Sytar, O., Kalaji, H. M., He, X., Mbarki, S., & Brestic, M. (2017). Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review. *Front. Chem.*, 5, 78. doi: 10.3389/fchem.2017.00078
- El-Bendary, H. M., & El-Helaly, A. A. (2013). First record nanotechnology in agricultural: Silica nanoparticles a potential

- new insecticide for pest control. *Appl. Sci. Report.*, 4(3), 241–246.
8. Malik, S., & Kumar, A. (2014). Approach for nano-particle synthesis: using as nano-fertilizer. *Int. J. Pharm. Res. Biosci.*, 3(3), 519–527.
 9. Chinnamuthu, C. R., & Murugesu Boopathi, P. (2009). Nanotechnology and Agroecosystem. *Madras Agric. J.*, 96(1–6), 17–31.
 10. Frese, L., Desprez, B., Ziegler, D., Cooper, H.D., Spillane, C., & Hodgkin, T. (2001). Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in Beta. In H. D. Cooper, C. Spillane, & T. Hodgkin (Eds.), *Broadening the Genetic Base of Crop Production* (pp. 295–309). Rome: CABI Publ.
 11. Prasad, R., Kumar, V., & Prasad, K. S. (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. *Afr. J. Biotechnol.*, 13(6), 705–713. doi: 10.5897/AJBX2013.13554
 12. Savchenko, V., Sinyavsky, O., Zakhliupanyi, O., & Tsybulko, P. (2019). Soaking agricultural cultural seeds in magnetally activated water. *Energetika i avtomatika [Energy and Automation]*, 4, 25–31. doi: 10.31548/energiya2019.04.025
 13. Gardea-Torresdey, J. G., Parsons, Gomez, E., Peralta-Videa, J., Troiani, H. E., Santiago, P., & Yacaman, M. J. (2002). Formation and growth of au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Lett.*, 2(4), 397–401. doi: 10.1021/nl015673+
 14. Srivastava, A., & Rao, D. P. (2014). Enhancement of seed germination and plant growth of wheat, maize, peanut and garlic using multiwalled carbon nanotubes. *Eur. Chem. Bull.*, 3(5), 502–504. doi: 10.17628/ecb.2014.3.502-504
 15. Preetha, S. P., & Balakrishnan, N. (2017). A review of nano fertilizers and their use and functions in soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(12), 3117–3133. doi: 10.20546/ijc-mas.2017.612.364
 16. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Metodyky provedenia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of study management in sugar beet growing]*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
 17. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachannia yakosti: DSTU 4138-2002 [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality: State Standard of Ukraine 4138-2002]*. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
 18. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiachniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (v roslynnytstvi) [Method of selection experiment (crop)]*. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
 19. ISTA. (2014). *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA.
 20. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti: DSTU 2240-93 [Seeds of agricultural crops. Variety and sowing qualities: State Standard of Ukraine 2240-93]*. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian]

УДК 633.63:631.547:631.8-022.532

Новицкая Н. В.¹, Каленская С. М.^{1*}, Присяжнюк О. И.^{2,3}, Мельниченко В. В.⁴ Активация роста и развития сахарной свеклы на микростадии 00–09 при внесении удобрений с наноразмерными элементами // *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 403–409. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.189419>

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборон, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

²Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина

³Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

⁴ООО «Авиасон Девелормент», ул. акад. Глушкова, 31-А, г. Киев, Украина

Цель. Поиск путей активизации прорастания семян сахарной свеклы, получение дружных, синхронных всходов путем применения композиций удобрений с наноразмерными элементами. **Методы.** Вегетационный и лабораторный. Семена сахарной свеклы высевали в подготовленную посуду с почвой с соблюдением требований методик к вегетационным опытам. Удобрения вносили в виде растворов с различным их соотношением в соответствии к шести микростадиям. **Результаты.** На 01 микростадии по шкале ВВСН (через 130 часов после посева) было отмечено увеличение массы плодов свеклы во всех вариантах – в контрольном варианте на 9,78%; при внесении нанодобровений – 20,4–23,7%. Диаметр плодов менялся аналогично изменениям массы: в контрольном варианте изменение диаметра составило 4,95%; в вариантах с внесением нанодобровений 9,56–13,9%. При различных схемах внесения удобрений отмечали изменения как в скорости формирования органов ростков, так и их линейных размеров. Длина зародышевого корешка на 05 микростадии за равномерного внесения повышенных норм цинка и фосфора, через 40 часов после посева, составила 0,540–2,671 мм. При других комбинациях удобрений появление зародышевого корешка было отмечено только через 44 часа после посева. Через 60 часов после посева

(07 микростадия шкалы ВВСН) отмечался полный выход семядолей из гнезда клубочка при внесении нанохелатных микроудобрений и только начало выхода семядолей в контрольном варианте. За счет интенсивных процессов набухания и прорастания происходило ускорение роста первичного корешка сахарной свеклы. **Выводы.** Равномерное обеспечение семян за прорастания цинком и особенно фосфором на фоне базового комплексного удобрения с наноразмерными элементами способствовало активации прорастания семян и интенсивному формированию синхронно развитых побегов. В среднем на 4 часа ускорялось открытие крышечки плода и появление корня; на 6 часов раньше происходил выход семядолей. При внесении нанохелатных удобрений рост корня и удлинение гипокотила на первых микростадиях прорастания плодов свеклы сахарной ускорялся вдвое, за счет чего всходы сахарной свеклы появлялись на 4–6 часов раньше. Нанохелатные микроудобрения, способствуя дружескому и синхронному прорастанию, развитию проростков сахарной свеклы обеспечивали синхронное появление всходов и формирование заданной густоты посева без дальнейшей редукции растений.

Ключевые слова: масса и диаметр плода; рост и развитие по шкале ВВСН; прорастание семян; линейные размеры первичных корешков; нанодобровения.

UDC 633.63:631.547:631.8-022.532

Novytska, N. V.¹, Kalenska, S. M.^{1*}, Prysiashniuk, O. I.^{2,3}, Melnychenko, V. V.⁴ Activation of growth and development of sugar beet at microstages 00-09 with application of nanoscale fertilizer elements. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 403–409. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.189419>

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine,

*e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

²Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: ollpris@gmail.com

³Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

⁴Ltd "Aviason Development", 31-A acad. Glushkov St., Kyiv, Ukraine, e-mail: vad.mel@gmail.com

Purpose. Finding ways to activate the germination of sugar beet seeds, obtaining even and synchronous sprouts when applying fertilizer compositions with nanoscale elements. **Methods.** Vegetation and laboratory. The seeds of sugar beet were sown in prepared utensils with soil in accordance with the requirements of the methods for vegetation experiments. Fertilizers were introduced in the form of solutions with different ratios according to six microstages. **Results.** At 01 microstage on the BBCH scale (130 hours after sowing), an increase in the mass of beet fruits in all variants was observed – in the control variant by 9.78%; in the application of nanofertilizers – 20.4–23.7%. The diameter of the fruit varied similarly to changes in mass: in the control variant, the diameter change was 4.95%; in variants with application of nanofertilizers – 9.56–13.9%. Changes in the rate of sprout organs formation and their linear dimensions were noted in the various fertilization schemes. The length of the embryonic root at 05 microstage with uniform introduction of high norms of zinc and phosphorus, after 40 hours after sowing, was 0.540–2.671 mm. For other fertilizer combinations, the appearance of the germ root was noted only 44 hours after sowing. In 60 hours after sowing (07 microstage on the BBCH scale) there was a complete exit of cotyledons

from the socket of the cluster with the introduction of nano chelate microfertilizers and only the beginning of the exit of cotyledons in the control variant. Due to the intensive processes of swelling and germination, the growth of the primary root of the sugar beet was accelerated. **Conclusions.** Uniform provision of seeds with zinc and especially phosphorus on the background of basic complex fertilizer with nanoscale elements contributed to the activation of seed germination and the intense formation of synchronously developed shoots. On average, the opening of the pericarp lid and the appearance of the root accelerated for 4 hours; 6 hours earlier there was an exit of cotyledons. With the introduction of nano chelate fertilizers, root growth and elongation of the hypocotyl at the first microstages of sugar beet sprouting were accelerated twice, due to which the sugar beet sprouts appeared 4–6 hours earlier. Nano chelate microfertilizers, promoting even and synchronous germination, development of sugar beet seedlings ensured synchronous emergence of seedlings and formation of predetermined sowing density without further reduction of plants.

Keywords: growth and development according to the BBCH scale; seed germination; mass and diameter of the fruit; linear dimensions of primary roots; nanofertilizers.

Надійшла / Received 02.12.2019

Погоджено до друку / Accepted 23.12.2019