

Галузь техніки, до якої відноситься даний винахід

Даний винахід відноситься до композицій, систем і способів доставки елемента. Зокрема, даний винахід відноситься до композицій, систем і способів, в яких елемент зв'язується з носієм, так що елемент вивільняється з носія за допомогою біологічної потреби.

Передумови створення даного винаходу

Були створені різні матеріали і композиції, які прагнуть зв'язати елементи з субстратом так, щоб елементи повільно вивільнялися з субстрату в присутності води.

В сучасному сільському господарстві поживні речовини вносять у ґрунти для максимального росту рослин. Однак значна частина поживних речовин просто змивається з ґрунту, оскільки вони є водорозчинними. Наприклад, дощ і зрошення можуть привести до того, що внесені поживні речовини переміщуються вертикально через ґрунт і в напрямку від коренів рослин, тим самим обмежуючи або перешкоджаючи поглинанню поживних речовин рослинами. Ще одна проблема, пов'язана з розчинністю поживних речовин в ґрунтах, являє собою сільськогосподарські стоки, які є основним фактором евтрофікації прісних водойм. Фосфат, загальноприйняте добриво, може сприяти росту ціанобактерій і водоростей у водоймах, які можуть виробляти шкідливі токсини і викликати нестачу кисню.

Металеві мікроелементи, такі як залізо, цинк, мідь, бор і магній, також є важливими компонентами хімічного складу ґрунту, які можуть бути виснажені через вплив навколишнього середовища і поглинання рослинами, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур. Виснаження мікроелементів може бути викликано добривами NPK, які, як відомо, знижують концентрацію інших поживних речовин в рослинах. Хоча добрива NPK підвищують врожайність сільськогосподарських культур, їх використання в поєднанні з сортами сільськогосподарських культур з врожайністю, яка все більш підвищується, може давати продукти з більш низьким вмістом мінералів і поживних речовин, ніж їх менш продуктивні предки (Henkel M. Sustainable Agriculture III: Agricultural Practices. 2005; 18-19).

Дефіцит металевих мікроелементів в ґрунті можна зменшити за рахунок поповнення металевих мікроелементів в ґрунті; однак вилугування металевих мікроелементів обмежує ефективність добрив, що містять ці поживні речовини. Крім того, надмірне застосування металевих мікроелементів може призвести до зниження росту сільськогосподарських культур або їх загибелі (Kampfenkel K, Van Montagu M, Inze D. Effects of Iron Excess on *Nicotiana glauca* Plants (Implications to Oxidative Stress). В результаті, внесення металевих мікроелементів в ґрунти необхідно проводити обережно і уникати районів з високою концентрацією.

Металеві мікроелементи також повинні бути присутніми в біодоступній формі. Деякі металеві мікроелементи, такі як бор, в своєму звичайному стані є біодоступними, а інші – ні. Деякі фактори можуть знижувати біодоступність деяких металевих мікроелементів, якщо їх вносити безпосередньо в ґрунт. Наприклад, рослини, як правило, використовують залізо у вигляді двовалентного заліза (Fe^{2+}). Однак в ґрунті деякі металеві мікроелементи присутні у вигляді позитивно заряджених іонів металів і легко реагують з киснем і/або негативно зарядженими іонами гідроксиду (OH^-). Якщо вони вступають в реакцію з іонами кисню або гідроксиду, вони утворюють нові сполуки, такі як тривалентне залізо (Fe^{3+}), які є менш біодоступними для рослин. Іони як кисню, так і гідроксиду присутні в ґрунті і безґрунтових середовищах для вирощування.

Металеві мікроелементи також важливі для росту фітопланктону. В океанічних водах існують регіони з високим вмістом поживних речовин і низьким вмістом хлорофілу ("HNLC"), де ріст фітопланктону не обмежується макроелементами (наприклад, нітратами, фосфатами або кремнієвої кислотою), а обмежується недостатньою концентрацією мікроелементів (наприклад, заліза, цинку або кобальту). Було показано, що низькі концентрації заліза, що метаболізується, є основним обмеженням поживних мікроелементів в водах HNLC (Lalli, Parsons. Biological Oceanography: An Introduction (2004)).

Подібно наземним рослинам, фітопланктон є фотосинтезатором, якому для фотосинтезу необхідні поживні речовини та сонячне світло. Зона океану, освітлена сонцем, називається фотичною зоною, і це самий верхній шар води, який піддається впливу інтенсивного сонячного світла. Тому фітопланктон повинен населяти фотичну зону, щоб проявляти фотосинтез.

Поповнення дефіцитного заліза в зонах HNLC має обмеження. Одним з обмежень є те, що для максимального ефекту залізо має залишатися в фотичній зоні, якщо це можливо. Ще одне обмеження полягає в тому, що залізо має бути в біодоступній формі, щоб максимізувати фотосинтез фітопланктону. Отже, стимуляцію росту фітопланктону в водах HNLC можна оптимізувати шляхом надання позитивно плаваючого джерела заліза, яке є біодоступним і не токсичним для росту фітопланктону при застосуванні в високих локальних концентраціях.

У патенті США 5965117 розкрито матеріали у вигляді часток, здатні триматися на поверхні води, що містять поживні мікроелементи для фітопланктону. Водорозчинні агенти використовуються для прилипання поживних речовин до субстратів, здатних триматися на поверхні води, і поживні речовини безперервно вивільняються в присутності води.

У патенті США 8642507 розкрито склад добрива для зменшення вимивання поживних речовин і пестицидів. Використовуються напіврозчинні розкладані полімери, які безперервно виділяють поживні речовини в присутності води.

Таким чином, залишається потреба в матеріалі, який утримує елементи, такі як поживні речовини, в біодоступній формі, який не вилугує елементи в своє оточення до тих пір, поки вони не будуть поглинені за допомогою біологічної потреби, може проявляти регульовану плавучість у воді і не проявляти токсичності для рослин або фітопланктону, навіть якщо застосовується в високих локальних концентраціях.

Сутність даного винаходу

Відповідно до одного аспекту дане розкриття відноситься до композицій і систем, які містять елемент і носій, при цьому елемент вивільняється з носія у відповідь на біологічну потребу.

Різні аспекти даного розкриття відносяться до композиції, що містить носій, що містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію, причому носій являє собою мережу полімерів і є нерозчинним у воді; та елемент, причому сіль елемента розчинна в присутності води, і причому асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація включає в себе ковалентний зв'язок між елементом і гідроксидом (елемент-гідроксид). Відповідно до різних варіантів здійснення елемент утворює агрегат елементів, причому агрегат містить ковалентний зв'язок елемент-елемент.

Різні аспекти даного розкриття також відносяться до способу доставки елемента в організм, причому спосіб передбачає додавання композиції, як розкрито в даному документі, в навколишнє середовище організму. Відповідно до різних варіантів здійснення організм являє собою рослину. Відповідно до різних варіантів здійснення організм являє собою фітопланктон.

Різні аспекти даного розкриття також відносяться до системи для доставки елемента в організм, причому система містить носій, який утворює асоціацію з елементом, яка є лабільною у відповідь на біологічну потребу організму, причому носій являє собою мережу полімерів, нерозчинну у воді, включаючи в себе фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу.

Різні аспекти даного розкриття також відносяться до способу отримання композиції, як розкрито в даному документі, причому спосіб передбачає додавання основи до носія в розчиннику для депротонування гідроксильних фрагментів, причому носій містить мережу полімерів, яка містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію, і є нерозчинним у воді, додавання солі елемента до носія з утворенням композиції, причому сіль розчинна у воді, при цьому носій і елемент утворюють асоціацію; і виділення композиції. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація включає в себе ковалентний зв'язок елемент-гідроксид.

Різні аспекти даного розкриття також відносяться до композиції, що містить носій, причому носій містить деревну масу, ячмінну соломку, рисове лушпиння, кокосове лушпиння, пшеничну соломку або їх комбінацію; і елемент, причому сіль елемента є розчинною у присутності води, і причому асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу.

Інші аспекти і ознаки даного винаходу стануть очевидними для фахівців у даній галузі техніки після огляду наступного опису конкретних варіантів здійснення даного винаходу в поєднанні з доданою формулою винаходу.

Короткий опис графічних матеріалів

На графічних матеріалах, на яких проілюстровані варіанти здійснення даного розкриття, показано наступне:

На фігурі 1 показана флуоресценція хлорофілу як функція часу для фітопланктону, вирощеного в присутності композиції, описаної в даному документі, і хлориду заліза в присутності і при відсутності EDTA.

На фігурах 2 (a) і (b) показані зображення SEM-EDS композиції, розкритої в даному документі, після культивування з фітопланктоном протягом одного тижня.

На фігурах 3 (a)-(c) показані зображення SEM-EDS композиції, розкритої в даному документі, після культивування з фітопланктоном протягом двох тижнів.

На фігурах 4 (a) і (b) показані зображення SEM-EDS композиції, описаної в даному документі, після культивування з фітопланктоном протягом трьох тижнів.

На фігурах 5 (a) і (b) показаний ріст бобової рослини (a) по висоті стебла і (b) по довжині кореня в присутності різних концентрацій солей цинку, бору та марганцю.

На фігурах 6 (a) і (b) показаний ріст рослини томата (a) по висоті стебла і (b) по довжині кореня в присутності різних концентрацій солей цинку, бору та марганцю.

На фігурах 7 (a) і (b) показаний ріст рослини мариш (a) по висоті стебла і (b) по довжині кореня в присутності різних концентрацій солей цинку і марганцю в ґрунті.

На фігурах 8 (а) і (b) показаний ріст рослини маша (а) по висоті стебла і (b) по довжині кореня в присутності різних концентрацій цинку і марганцю у формі композиції, як розкрито в даному документі, в ґрунті.

На фігурі 9 показано поглинання цинку рослинами маша після різних обробок.

На фігурі 10 показано поглинання марганцю рослинами маша після різних обробок.

На фігурі 11 показано поглинання цинку рослинами, вирощеними в присутності ґрунту, носія або композиції, що містить носій і елемент.

На фігурі 12 показано поглинання марганцю рослинами, вирощеними в присутності ґрунту, носія або композиції, що містить носій і елемент.

На фігурі 13 показано SEM-зображення марганцю, зв'язаного з носієм з рисового лушпиння.

На фігурі 14 показано SEM-зображення марганцю, зв'язаного з носієм з рисового лушпиння із субмікронним зв'язуванням, спостерігався середній сферичний розмір, що становить 700 нм.

На фігурі 15 показано SEM-зображення марганцю, зв'язаного з носієм з рисового лушпиння, з прикладом зв'язаного марганцю, що характеризується діаметром часток, що становить 556 нм.

Детальний опис даного винаходу

В контексті даного розкриття різні терміни використовуються відповідно до того, що розуміється як звичайне значення цих термінів.

Відповідно до різних варіантів здійснення дане розкриття відноситься до композицій і систем, які містять носій, що містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінації, причому носій являє собою мережу полімерів і є нерозчинним у воді; та елемент, причому сіль елемента розчинна у воді, причому асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу.

Термін "елемент" відноситься до поживного мікроелементу, який підтримує організм в його існуванні, стимулюючи ріст організму, поповнюючи втрату і/або забезпечуючи енергію. Елемент може бути доставлений в організм будь-якими способами, які організм використовує для отримання поживних речовин. Наприклад, якщо організмом є рослина, вона, як правило, поглинає поживні речовини через коріння і листя. Цей елемент може являти собою поживний мікроелемент для росту фітопланктону. Термін "фітопланктон" відноситься до будь-яких і/або всіх водних організмів, здатних до фотосинтезу. Цей елемент може являти собою поживний мікроелемент для росту рослин. Відповідно до різних варіантів здійснення елемент може являти собою Mn, Fe, Co, Cu, Zn, B, Si або Mg або будь-який їх ізоотоп. Відповідно до різних варіантів здійснення елемент являє собою Fe^{2+} або Fe^{3+} .

Відповідно до різних варіантів здійснення елемент знаходиться в біологічно доступній формі. Термін "біологічно доступна форма" означає, що поживний мікроелемент присутній в стані окислення, який дозволяє переноситися через клітинну мембрану без необхідності зниження або зміни ступеня окислення перед перенесенням через мембрану.

Термін "лабільний" відноситься до асоціації між носієм і елементом, яка є схильною або може руйнуватися, або швидко розщеплюватися. Наприклад, асоціація між носієм і елементом може бути лабільною у відповідь на біологічну потребу.

Термін "нелабільний" відноситься до асоціації між носієм і елементом, яка по суті є стабільною. Наприклад, асоціація між носієм і елементом може бути нелабільною в воді або інших рідинах. Відповідно до різних варіантів здійснення лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація є нелабільною в воді з різною іонною силою і в широкому діапазоні pH. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація між носієм і елементом є нелабільною в присутності води при pH від близько 4 до близько 10 або при будь-якому значенні pH між ними. Відповідно до варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 5 до близько 10. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 6 до близько 10. Відповідно до варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 7 до близько 10. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 7 до близько 9. Відповідно до варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 7,5 до близько 10. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація є нелабільною в присутності води при pH від близько 7,5 до близько 9.

Термін "біологічна потреба" відноситься до акту придбання або взаємодії між організмом і композицією, в якому елемент стає придбаним або поглинається з композиції і переноситься в клітини за допомогою трансмембранного транспорту або в тканини організму для фотосинтезу і/або росту. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація між носієм і елементом є нелабільною в присутності води, але лабільною у відповідь на біологічну потребу. Організм може являти собою рослину. Організм може являти собою фітопланктон.

Оскільки асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, швидкість вивільнення елемента з носія регулюється рівнем біологічної потреби в композиції. Наприклад, більш висока концентрація біологічної потреби може привести до більш швидкого

вивільнення елемента з носія, ніж більш низька концентрація біологічної потреби. Більш висока концентрація біологічної потреби може бути результатом кількості рослин або кількості фітопланктону на певній ділянці. Оскільки швидкість вивільнення залежить від біологічної потреби, ділянка з високою локальною концентрацією елемента може не утворитися. Така ділянка з високою локальною концентрацією є небажаною, оскільки елемент може бути токсичним для рослин або фітопланктону в цих високих концентраціях.

Відповідно до різних варіантів здійснення носій являє собою мережу полімерів, нерозчинну у воді, яка містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію. Носій може містити лігнін, целюлозу або їх комбінацію. Наприклад, носій може містити від близько 0,2 % до близько 40 % (мас./мас.) лігніну і від близько 60 % до близько 98,8 % (мас./мас.) целюлози від загальної маси носія або будь-які кількості між ними. Носій може містити близько 15,7 % (мас./мас.) лігніну і близько 84,3 % (мас./мас.) целюлози від загальної маси носія. Відповідно до різних варіантів здійснення носій включає в себе целюлозу.

Відповідно до різних варіантів здійснення носій являє собою волокно, що містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію. Термін "волокно" відноситься до компоненту рослинного матеріалу, який не розчиняється у воді.

Лігнін являє собою аморфну складну зшиту органічну макромолекулу, що зустрічається в природі, яка становить невід'ємний компонент всієї біомаси рослин. Хімічна структура лігніну нерегулярна в тому сенсі, що різні структурні ланки (наприклад, фенілпропанові ланки) не зв'язані одна з одною в будь-якому систематичному порядку. Відомо, що лігнін містить безліч з двох мономерів монолігнолу, які метоксильовані до різного ступеня (транс-коніферилловий спирт і транс-синапіловий спирт), і третього неметоксильованого монолігнолу (транс-п-кумарилловий спирт). Різні комбінації цих монолігнолів містять три елементарні ланки фенілпропановидних структур (гваяцилмонолігнол, сирингілмонолігнол і п-гідроксифенілмонолігнол), які полімеризуються через певні зв'язки з утворенням макромолекули лігніну, що містить як аліфатичні гідроксильні групи, так і фенольні гідроксильні групи.

Целюлоза являє собою полісахарид, що складається з лінійного ланцюга $\beta(1 \rightarrow 4)$ зв'язаних ланок D-глюкози, з формулою $(C_6H_{10}O_5)_n$ і містить аліфатичні гідроксильні групи і фенольні гідроксильні групи.

Джерелами носія можуть бути синтетичні або натуральні волокна. Приклади волокон, що зустрічаються у природі, включають в себе одне або більше з деревної маси, рисового лушпиння, кокосового волокна, кокосового лушпиння, подрібненого рисового лушпиння, неподрібненого рисового лушпиння, ячмінної соломи, пшеничної соломи, соломи, бавовни, льону, джуту, коноплі, бамбука або будь-якої їх комбінації. Наприклад, носієм може бути кокосове лушпиння, деревна маса, подрібнене рисове лушпиння, ячмінна солома або пшенична солома. Відповідно до різних варіантів здійснення носієм може бути деревна маса. Приклади синтетичних волокон включають в себе один або більше хімічно синтезованих лігнінів і/або целюлозу.

Відповідно до різних варіантів здійснення носій містить різні співвідношення фенольних гідроксильних фрагментів до аліфатичних гідроксильних фрагментів. Наприклад, носій може містити аж до близько 40 % (мас./мас.) лігніну в розрахунку на загальну масу носія або будь-яку кількість в межах цього, таку як близько аж до 27 % лігніну, тим самим забезпечуючи інше співвідношення фенольних гідроксильних фрагментів до аліфатичних гідроксильних груп в носії. Способи вимірювання вмісту аліфатичних гідроксильних груп і вмісту фенольних гідроксильних груп в носіях відомі середньому фахівцю в даній галузі техніки. Відповідно до різних варіантів здійснення, де елемент являє собою перехідний метал, співвідношення фенольних гідроксильних фрагментів до аліфатичних гідроксильних фрагментів можна регулювати, наприклад, шляхом зміни співвідношення лігніну і целюлози в носії, щоб сприяти різним ступеням окислення цих металів. Наприклад, шляхом синтезу носія з використанням різних співвідношень фенольних гідроксильних фрагментів до аліфатичних гідроксильних фрагментів композиція може містити різні концентрації Fe^{2+} - Fe^{3+} .

Відповідно до різних варіантів здійснення композицію можна синтезувати шляхом занурення носія в основу для депротонування гідроксильних груп. Коли додають основу, носій може перебувати в розчиннику, такому як вода або органічний розчинник. Відповідно до різних варіантів здійснення органічний розчинник являє собою полярний органічний розчинник. Відповідно до різних варіантів здійснення органічний розчинник може являти собою ацетонітрил, метанол або етанол. Кількість основи, використовуваної для депротонування носія, можна регулювати. Наприклад, можна використовувати аж до 30 % (мас./мас.) основи від загальної маси носія або будь-яку кількість в межах цього. Наприклад, можна використовувати близько 5 %, близько 10 %, близько 20 % або близько 30 % (мас./мас.) основи від загальної маси носія.

Відповідно до різних варіантів здійснення основа може являти собою будь-яку основу, яка може депротонувати фенольні гідроксильні фрагменти і/або аліфатичні гідроксильні фрагменти. Відповідно до різних варіантів здійснення основа може являти собою триетиламін, карбонат натрію або бікарбонат натрію.

Згодом необхідний елемент або безліч елементів додають до носія, і утворюється асоціація між носієм і елементом. Наприклад, сіль елемента можна додавати до матеріалу носія в кількості від близько 5 % до близько 30 % (мас./мас.) від загальної маси носія. Наприклад, можна додати близько 5 %, близько 10 % або близько 20 % (мас./мас.) солі від загальної маси носія. Відповідно до різних варіантів здійснення сіль може являти собою сіль металу. Відповідно до різних варіантів здійснення сіль металу може являти собою хлорат металу, хлорид металу, сульфат металу або карбонат металу. Сіль металу може являти собою хлорид металу або сульфат металу Zn, Mn, Mg, Cu, Co, V, монооксиду кремнію або тетраацетату кремнію. Сіль металу може являти собою FeCl_3 або $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу при температурі від 0 °C до близько 50 °C.

Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація між носієм і елементом включає в себе хімічний зв'язок. Відповідно до різних варіантів здійснення хімічний зв'язок включає в себе ковалентний зв'язок елемент-гідроксид. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація включає в себе адсорбцію, ковалентний зв'язок елемент-гідроксид, іонну взаємодію, ван-дер-ваальсові взаємодії або будь-яку їх комбінацію. Відповідно до різних варіантів здійснення асоціація включає в себе ковалентний зв'язок елемент-гідроксид. Відповідно до різних варіантів здійснення елемент може утворювати агрегат елементів. Відповідно до різних варіантів здійснення агрегат містить ковалентний зв'язок елемент-елемент.

Відповідно до різних варіантів здійснення композиція характеризується регульованою плавучістю в рідинах з щільністю від близько 1 кг/л до близько 1,03 кг/л, таких як без обмеження вода. Наприклад, композиція може характеризуватися позитивною, нейтральною або негативною плавучістю в воді з різною іонною силою. Плавучість композиції можна регулювати, варіюючи співвідношення фенольних гідроксильних фрагментів до аліфатичних гідроксильних фрагментів в носії, регулюючи кількість елемента в композиції або регулюючи спосіб отримання композиції.

Відповідно до різних варіантів здійснення композиція є стійкою до вилугування елементів у воді. Відповідно до різних варіантів здійснення композиція-носій може мінімізувати або зменшити вилугування елементів в джерела води.

Відповідно до різних варіантів здійснення додавання композиції до води, до ґрунту, до середовища, що містить воду, або до водного середовища призводить до нейтральної зміни до рН навколишнього середовища. Наприклад, коли композицію занурюють у воду, значення рН води може залишатися практично незмінним.

Відповідно до різних варіантів здійснення композиція може бути нетоксичною. Наприклад, композиція не викликає токсичності поживних речовин при використанні у високих концентраціях.

Відповідно до різних варіантів здійснення композицію можна додати в навколишнє середовище організму для збільшення росту організму. Навколишнє середовище може являти собою океан, озеро, річку, струмок, заболочену водойму, гирло, заводь, сільськогосподарське поле або ґрунт. Організм може являти собою рослину або фітопланктон. Відповідно до різних варіантів здійснення композицію-носій можна наносити на ґрунт.

Приклади

Ці приклади ілюструють різні аспекти даного винаходу, демонструючи безліч умов для отримання композицій і систем, які містять носій, що містить фенольні гідроксильні фрагменти, аліфатичні гідроксильні фрагменти або їх комбінацію, причому носій являє собою мережу полімерів і є нерозчинним у воді; та елемент, причому сіль елемента є розчинною у воді, і причому асоціація між носієм і елементом є лабільною у відповідь на біологічну потребу, і лабільність асоціації в присутності води менше, ніж лабільність асоціації у відповідь на біологічну потребу. Вибрані приклади ілюструють переваги, які можуть бути отримані в порівнянні з альтернативними способами, і ці переваги відповідно ілюструють конкретні варіанти здійснення і не обов'язково вказують на характеристики всіх аспектів цього винаходу.

Використовуваний в даному документі термін "приблизно" відноситься до відхилення близько +/- 10 % від заданого значення. Слід розуміти, що таке відхилення завжди включено в будь-яке дане значення, представлене в даному документі, незалежно від того, чи вказано воно конкретно.

Приклад 1: Отримання композиції-носія з використанням бікарбонату натрію і води

Носій, що складається з органічного волокна (деревної маси) (близько 1 г), що містить близько 16 % (мас./мас.) лігніну і близько 84 % (мас./мас.) целюлози, змішували з дистильованою водою (близько 60 мл). Суміш перемішували при кімнатній температурі (близько 21 °C) протягом близько 5 хвилин. Потім суміш підлужнювали з використанням бікарбонату натрію з відсотковим вмістом, що становить близько 30 % (мас./мас.) від загальної маси органічного волокна. Значення рН суміші становило близько 11. Потім суміші давали можливість відстоятися на період від близько 5 до близько 10 хвилин. Потім до суміші додавали сіль Fe^{3+} у вигляді хлориду заліза в співвідношенні близько 20 % (мас./мас.) до органічного волокна. Потім цю суміш нагрівали до температури близько 80 °C і витримували при температурі близько 80 °C протягом близько 1 години. Суміш охолоджували до

кімнатної температури протягом близько 5 годин. Композицію-носії виділяли фільтруванням і промиванням дистильованою водою при кімнатній температурі, а потім дозволяли композиції-носію висохнути при кімнатній температурі. В якості альтернативи композицію-носії сушили у вакуумній печі при температурі близько 40 °C, щоб прискорити процес остаточної сушки.

Сульфат заліза в співвідношенні 20 % (мас./мас.) до загальної маси носія замінювали хлоридом заліза в способі, описаному вище. Хлориди металів і сульфати металів для Zn, Mn, Mg, B, Cu, Co, монооксиду кремнію і тетраацетату кремнію також можна замінювати хлоридом заліза. Сульфат заліза можна замінити хлоридом заліза.

В цьому прикладі використовували дев'ять різних носіїв. Кожен носій являв собою різновид деревної маси, що містить різні співвідношення лігніну і целюлози. Всі носії були поставлені компанією Canfor Company. Носії перераховані в таблиці 1. Вміст лігніну і вміст целюлози відносяться до % (мас./мас.) від загальної маси носія.

Таблиця 1

Носії, що використовуються для отримання композицій відповідно до прикладів 1 і 2

Носій	Назва	Вміст лігніну (%)	Вміст целюлози (%)
A	Aspen TMP	8,2	91,8
B	Softwood	13,9	86,1
C	WP 350	15,7	84,3
D	Aspen Kraft	0,2	99,8
E	NBSK	0,2	99,8
F	EUCAL	0,2	99,8
G	BWP	0	100
H	UBWP	1,2	98,8
I	WP3254	27	73

Приклад 2: Отримання композиції-носія з використанням триетиламіну і ацетонітрилу

Носій, що складається з органічного волокна (близько 1 г), що містить близько 16 % (мас./мас.) лігніну і близько 84 % (мас./мас.) целюлози, змішували з ацетонітрилом (близько 60 мл). Суміш перемішували при кімнатній температурі (близько 21 °C) протягом близько 5 хвилин. Потім суміш підлучнювали з використанням триетиламіну в відсотковому відношенні близько 30 % (мас./мас.) від загальної маси носія. Значення рН суміші становило близько 11. Потім суміші давали можливість відстоятися на період від близько 5 до близько 10 хвилин. Потім до суміші додавали сіль Fe^{3+} у вигляді хлориду заліза в співвідношенні близько 20 % (мас./мас.) від загальної маси носія. Потім цю суміш нагрівали до температури близько 80 °C і витримували при температурі близько 80 °C протягом близько 1 години. Суміш охолоджували до кімнатної температури протягом близько 5 годин. Композицію виділяли фільтруванням і промиванням дистильованою водою при кімнатній температурі, а потім сушили при кімнатній температурі. В якості альтернативи композицію-носії сушили у вакуумній печі при температурі близько 40 °C, щоб прискорити процес остаточної сушки.

Як описано вище, хлорид заліза також заміняли різними солями металів в різних кількостях. Крім того, цей спосіб повторювали з використанням різних деревних мас, перерахованих в таблиці 1.

Приклад 3: Завантаження елемента

Композиції, отримані відповідно до прикладу 1, випробовували на завантаження заліза за допомогою елементного аналізу. Аналіз проводили за допомогою аналізатора CHN. Аналіз CHN надав відсотковий вміст C, H, N і O в кожному зразку. Різниця між цим відсотком по масі і загальною масою зразка представляла собою кількість присутнього заліза, оскільки в композиціях не було інших елементів. У таблиці 2 показана відсоткова маса завантаженого заліза в порівнянні з масою деревної маси для різних експериментальних умов, що відносяться до носія, температури реакції, солі заліза і кількості основи (% $NaHCO_3$ (мас./мас.) від загальної маси носія), використовуваних для отримання кожної композиції з використанням води в якості розчинника. Кількість заліза в композиціях збільшується зі збільшенням кількості солі заліза, використовуваної для отримання композицій.

Таблиця 2

Завантаження заліза в композиціях, отриманих з використанням води в якості розчинника і $NaHCO_3$ в якості основи

Носій ¹	Температура реакції	Сіль заліза	$NaHCO_3$ (%) (мас./мас.)	Завантаження заліза (%)
--------------------	---------------------	-------------	---------------------------	-------------------------

				(мас./мас.)
C	80 °C	20 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	5
C	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	8
C	80 °C	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	20	6
C	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	3
C	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	5	3
C	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	0	1
C	21 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	0,2
D	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	2
I	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	6,4

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

Композиції, отримані відповідно до прикладу 2, випробовували на завантаження заліза з використанням того ж підходу елементного аналізу, який описаний вище. У таблиці 3 показана відсоткова маса завантаженого заліза в порівнянні з масою деревної маси для різних експериментальних умов, що відносяться до носія, температури реакції, солі заліза і кількості основи (%(C₂H₅)₃N (мас./мас.) від загальної маси носія), використовуваних для отримання кожної композиції з використанням ацетонітрилу в якості розчинника.

Таблиця 3

Завантаження заліза в композиціях, отриманих з використанням ацетонітрилу в якості розчинника і триетиламіну в якості основи

Носій ¹	Температура реакції	Сіль заліза	Триетиламін (% (мас./мас.))	Завантаження заліза (% (мас./мас.))
A	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	6
B	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	5
C	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	4
C	80 °C	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	5
C	80 °C	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	5
C	80 °C	5 % (мас./мас.) FeCl ₃	30	3
C	21 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	1
D	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	5
E	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	2
F	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	4
G	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	5
H	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	4
I	80 °C	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	2

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

Приклад 4: Асоціація елемент-носій

Композиції, отримані способами, викладеними в прикладах 1 і 2, піддавали аналізу з використанням скануючого електронного мікроскопа Explorer, виробленого FEI/Aspex. Результати показали, що залізо було ковалентно зв'язане з гідроксильними фрагментами носія в одному шарі (позначеному як "Тип зв'язування А%" в таблиці 4 нижче). Результати також показали, що композиція містила один або більше додаткових шарів заліза, які були ковалентно зв'язані через зв'язки залізо-залізо з першим шаром (позначено як "Тип зв'язування В%" в таблиці 4 нижче). Відносні кількості кожного типу зв'язування представлені в таблиці 4 для кожної з проаналізованих композицій, а також умов реакції, що використовуються для отримання кожної композиції. Цей результат показує, що елемент може утворювати агрегати, а агрегати можуть містити ковалентні зв'язки елемент-елемент.

Таблиця 4

Природа асоціації елемент-носій для різних композицій

Носій	Розчинник	Основа	Сіль заліза (% (мас./мас.) від загальної маси носія)	Тип зв'язування А%	Тип зв'язування В%
A	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	60	40
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	60	40
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	5 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40
C	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	60	40
C	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40
C	Вода	Na ₂ CO ₃	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40
D	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	70
G	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	20	80
I	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	60	40
I	Вода	NaHCO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	60	40

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

² Всі способи проводили при температурі, що становить 80 °C

³ У всіх способах використовували 30 % (мас./мас.) основи від загальної кількості носія

Приклад 5: Біодоступність і швидкість росту

Біодоступність композицій оцінювали за шкалою від 0 до 10, де 10 представляє максимальну біодоступність всіх досліджених зразків, а 0 представляє мінімальну біодоступність всіх досліджених зразків. Всі композиції показали хоча б деяку біодоступність. Щоб визначити показник біодоступності, вимірювали швидкість росту фітопланктону евглени в розчині з обмеженим вмістом заліза. Композиції вводили в зразки фітопланктону в поєднанні з поживним середовищем MES. Потім комбінацію помістили в камеру для вирощування з регульованою температурою, яку підтримували близько при кімнатній температурі (близько 21 °C) з джерелом світла, що складається з лампи для акваріумних рослин (13 Вт 6500 біла світлодіодна лампа для вирощування). Ріст фітопланктону вимірювали з використанням флуороскопії хлорофілу (а), в якій використовують флуоресценцію хлорофілу для визначення біомаси чисельності фітопланктону. Спектри флуоресценції отримували з використанням флуоресцентного спектрометра FLS-920 Edinburgh з ксеноновою лампою і кварцовими комірками 1,0 см. Результати представлені в таблиці 5.

Використовуючи ту ж методологію вимірювання, що і описана вище, вимірювали швидкість росту, яка представляє собою швидкість зміни росту фітопланктону евглени. Висока швидкість росту не обов'язково означає високу біодоступність. Результати оцінювали за шкалою від 0 до 10, де 10 відповідали максимальній швидкості росту, а 0 - відсутності росту. Ці результати також показані в таблиці 5.

Таблиця 5

Біодоступність і швидкість росту фітопланктону евглени в присутності різних композицій

Носій	Розчинник	Основа	Сіль заліза (% (мас./мас.) від носія)	Біодоступність	Швидкість росту
A	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10	8
B	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	5 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	10
C	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10	10
C	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	10
C	Вода	Na ₂ CO ₃	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	10	10
D	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	5	10

E	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	5	6
F	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	5	1
G	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10	10
H	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	1	1
I	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	10
I	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	2	10

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

² Всі способи проводили при температурі, що становить 80 °С

³ У всіх способах використовували 30 % (мас./мас.) основи від загальної кількості носія

Приклад 6: Плавуність

Плавуність композицій оцінювали за шкалою від 0 до 10, де 10 відповідали максимальній плавуності (утримання на поверхні), а 0 - негативній плавуності (занурення). Під плавуністю розуміється відсоток продукту, який залишався плавучим в прісній воді при температурі, яка становить близько 21 °С. Оцінка 10 означає, що весь продукт має позитивну плавуність, 5 означає, що половина продукту характеризується позитивною плавуністю, а половина - негативною плавуністю, а 0 означає, що жоден продукт не має позитивної плавуності, і весь продукт характеризується негативною плавуністю. Результати представлені в таблиці 6. Відповідно до різних варіантів здійснення стійкий стан плавуності встановлювався близько через 25-45 хвилин.

Таблиця 6

Плавуність різних композицій

Носій	Розчинник	Основа	Сіль заліза (% (мас./мас.) від носія)	Плавуність
A	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	4
B	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	10
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	5 % (мас./мас.) FeCl ₃	10
C	Вода	NaHCO ₃	20 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10
C	Вода	NaHCO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	10
C	Вода	NaHCO ₃	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	10
D	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	10
E	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	4
F	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	2
G	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	1
H	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	1
I	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	1
I	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	1

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

² Всі способи проводили при температурі, що становить 80 °С

³ У всіх способах використовували 30 % (мас./мас.) основи від загальної кількості носія

Приклад 7: Вилугування

В контексті даного експерименту вилугування відноситься до ступеня, до якого елемент розчинявся у воді, коли композицію поміщали в воду. Результати цього експерименту оцінювали за шкалою від 1 до 10, де 1 означає відсутність вилугування, що піддається виміру, а 10 - максимальна кількість вилугування. Вилугування випробовували в кислій (pH 4), нейтральній (pH 7) і лужній (pH 8-9) воді. Наприклад, композицію занурювали в прісну воду кімнатної температури (21 °С) і pH 4, щоб визначити, чи розчиняється елемент, в даному випадку залізо, в воді. Для визначення вилугування заліза використовували методику Marczenko (Z. Marczenko & M. Balcerzak, "Separation,

Preconcentration, and Spectrophotometry in Inorganic Analysis", гл. 26-2-2-1.10-phenanthroline method (стр. 228-230): Elsevier, Oct. 18, 2000). Результати показані в таблиці 7. Експерименти також повторювали при підвищеній температурі шляхом нагрівання води з рН 7 до близько 50 °С протягом 5 годин. Ступінь вилуговування в балах цього високотемпературного експерименту була такою ж, як описано вище.

Таблиця 7

Вилуговування елемента з різних композицій

Носій	Розчинник	Основа	Сіль заліза (% (мас./мас.) від носія)	Вилуговування при різному значенні рН		
				4	7	8-9
A	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	8	2	3
B	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	5	1	2
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	3	1	1
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	3	1	1
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	3	1	1
C	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	5 % (мас./мас.) FeCl ₃	3	1	1
C	Вода	NaHCO ₃	20 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	3	1	1
C	Вода	NaHCO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	3	1	1
C	Вода	NaHCO ₃	10 % (мас./мас.) FeCl ₃	3	1	1
D	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	3	1	1
E	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	3	1	1
F	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	7	2	2
G	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	3	1	1
H	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	9	3	1
I	CH ₃ CN	(C ₂ H ₅) ₃ N	10 % (мас./мас.) Fe ₂ (SO ₄) ₃	4	1	1
I	Вода	Na ₂ CO ₃	20 % (мас./мас.) FeCl ₃	4	1	1

¹ Носій відноситься до позначення деревної маси з таблиці 1

² Всі способи проводили при температурі, що становить 80 °С

³ У всіх способах використовували 30 % (мас./мас.) основи від загальної кількості носія

Приклад 8: Токсичність

Композицію, що містить залізо на деревній масі, отриману з прикладу 1 з використанням FeSO₄, і різні концентрації різних сполук заліза (200 м.ч. (частин на мільйон) Fe у вигляді FeCl₃ в присутності EDTA і 200 м.ч. у вигляді FeCl₃ без EDTA) вводили в окремі зразки фітопланктону в поєднанні з поживним середовищем MES. Потім комбінацію помістили в камеру для вирощування з регульованою температурою, яку підтримували близько при кімнатній температурі (близько 21 °С) з джерелом світла, що складається з лампи для акваріумних рослин (13 Вт 6500 біла світлодіодна лампа для вирощування). Ріст фітопланктону вимірювали за допомогою флуороскопії хлорофілу (а), в якій використовують флуоресценцію хлорофілу для визначення біомаси чисельності фітопланктону. Спектри флуоресценції отримували з використанням флуоресцентного спектрометра FLS-920 Edinburgh з ксеноновою лампою і кварцовими комірками 1,0 см. Результати показані на фігурі 1.

В експерименті з FeCl₃ і EDTA не спостерігали ріст фітопланктону. Незначний ріст фітопланктону спостерігали в експерименті з FeCl₃. Однак в експерименті з використанням композиції спостерігали значний ріст фітопланктону.

Цей несподіваний результат показує, що Fe в незв'язаному стані є токсичним для росту фітопланктону, тоді як Fe при взаємодії з носієм проявляє значну біодоступність.

Приклад 9: Вплив композиції на рН навколишньої води

Оскільки рН води є важливим біологічним фактором для росту і виживання мікроорганізмів, провели експерименти, щоб визначити, який вплив композиції надають на рН навколишньої води.

Досліджували вплив композиції із завантаженням заліза, що становить 4 м.ч. ("Fe-WP"), хлориду заліза і сульфату заліза на рН водопровідної води. Як показано в таблиці 8, 4 м.ч. Fe-WP знижували рН водопровідної води максимум на 0,5 одиниці. Однак така ж кількість заліза з джерелами хлориду заліза і сульфату заліза знижує рН водопровідної води в межах 1,6-2,9 одиниць.

Таблиця 8

Вплив різних матеріалів

на рН водопровідної води

Матеріал	рН
Водопровідна вода	6,93
Fe-WP	6,41
FeCl ₃	4,03
Fe ₂ (SO ₄) ₃	4,17

Приклад 10: Доставка заліза фітопланктону

Щоб підтвердити, що залізо було доставлено фітопланктону, отримували зображення композицій з прикладу 5 за допомогою SEM-EDS. На фігурах 2 (a) і (b) показані зображення SEM-EDS композиції після культивування фітопланктону протягом одного тижня. Більші частки в спектрах показують ковалентний зв'язок залізо-залізо, а більш дрібні частки показують ковалентний зв'язок гідроксид-залізо. На фігурах 3 (a) - (c) показані зображення SEM-EDS композиції після культивування фітопланктону протягом ще одного тижня (всього два тижні). Як видно із зображень, більші частки заліза витрачені, і залишилися тільки дрібні частки. Потім цю ж композицію повторно вводили в фітопланктон для подальшого культивування протягом додаткового тижня. Результати після цього третього культивування показані на фіг. 4 (a) і (b) (всього три тижні). На цих зображеннях показано, що майже все залізо було витіснено з композиції у відповідь на потребу фітопланктону, а що частки, що залишилися, на зображеннях є дуже блідими.

Приклад 11: Дослідження росту рослин з використанням солей цинку, бору та марганцю в ґрунті

Провели серію експериментів для визначення порогу токсичності для рослин маша і томатів в присутності солей цинку, бору та марганцю (хлориду цинку, хлориду марганцю і борної кислоти відповідно). Насіння маша і томатів висаджували в 2 г стерильного ґрунту. Використовуваний ґрунт отримували з роздрібного магазину під комерційним брендом "Sunshine Mix". Цей же ґрунт використовували для всіх експериментів з вирощування рослин. Насіння і ґрунт вирощували в автоклавованих ємностях. Їх регулярно поливали автоклавованою деіонізованою водою, і вони отримували 16 годин світла в день при кімнатній температурі. Маш переносили в ґрунт через 5 днів, а томати - через 6 днів. Рослини виймали з ґрунту, вимірюючи їх довжину від початку кореня до верхівки стебла (де росли листя). Довжину кореня вимірювали від початку кореня до найдовшого кінчика кореня. Їх пересаджували в 2 г ґрунту Sunshine Mix і поливали 5 мл сольового розчину. Ці обробки включали в себе контроль-деіонізовану воду, 10 м.ч., 25 м.ч. і 50 м.ч. цинку, 50 м.ч., 100 м.ч. і 200 м.ч. бору і 250 м.ч. 1000 м.ч. і 2000 м.ч. марганцю. При такій обробці маш ріс ще 10 днів, а томати - 11 днів. Після закінчення цього часу повторно вимірювали довжину рослини і довжину кореня, і зміну цих показників визначали кількісно.

На фігурах 5 (a), 5 (b), 6 (a) і 6 (b) показані результати росту з використанням тільки ґрунту (контроль) і ґрунту, змішаного з різними концентраціями солей цинку, бору та марганцю. На фігурах 5 (a) і 5 (b) показано, що висота стебла і довжина кореня маша помітно зменшуються, коли концентрація солей бору в ґрунті досягає 100 і 200 м.ч. На цих фігурах також показано, що сіль марганцю в концентрації 1000 м.ч. викликала зниження росту рослин маша.

На фігурах 6 (a) і 6 (b) показано, що для рослин томата бор при концентрації 200 м.ч. виявляв сповільнений ріст, проте марганець в концентрації 1000 м.ч. не чинив негативного впливу на ріст.

Таким чином, зробили висновок, що солі бору для цих рослин виявляли токсичність при 200 м.ч. для обох рослин і проявляли токсичність при 100 м.ч. для рослин маша. Марганець виявляв токсичність при 1000 м.ч. для рослин маша, але не виявляв токсичність для рослин томатів при цій концентрації.

Приклад 12: Дослідження росту рослин з використанням композицій, що містять цинк або марганець в ґрунті і в підвищених концентраціях

Семена маша висаджували в 2 г стерильного ґрунту Sunshine Mix в автоклавованих банках. Їх регулярно поливали автоклавованою деіонізованою водою, і вони отримували 16 годин світла в день при кімнатній температурі. Маш переносили в ґрунт або з сіллю, або з композиціями, що містять цинк або марганець, завантаженими в деревну масу, через 6 днів. Деревна маса, яка виступає в якості носія, представляла собою Canfor 350/70-1 (носій С з таблиці 1). Композиції отримували згідно способу, описаному в прикладі 1, з використанням Zn²⁺ в формі хлориду цинку або Mn²⁺ в формі хлориду марганцю в якості солі металу. Рослини виймали з ґрунту, вимірювали їх довжину від початку кореня до верхівки стебла (де росли листя). Довжину кореня вимірювали від початку коренів до найдовшого кінчика кореня. Рослини, які будуть використовувати для обробки солями, пересаджували в 2 г ґрунту Sunshine Mix і поливали 5 мл їх обробки. Ці обробки включали в себе контроль-деіонізовану воду, 10 м.ч., 25 м.ч. і 50 м.ч. цинку, 50 м.ч., 100 м.ч. і 200 м.ч. бору і 250 м.ч. 1000 м.ч. і 2000 м.ч. марганцю. Рослини, які будуть використовувати в присутності композицій, як розкрито в даному документі, висівали в 2 г Sunshine Mix, до якої додавали 0,1 г композиції, отриманої з різними

концентраціями цинку або марганцю. Всіх їх поливали 5 мл деіонізованої води. При такій обробці маш ріс ще 9 днів. Після закінчення цього часу повторно вимірювали довжину рослини і довжину кореня, і зміну цих показників визначали кількісно.

На фігурах 7 (а) і 7 (b) показано, що рослини маша демонстрували зменшену висоту стебла і ріст довжини кореня при концентрації 2000 м.ч. цинку і 1000 м.ч. і 2000 м.ч. марганцю.

На фігурах 8 (а) і 8 (b) показано, що рослини маша демонструють чудовий ріст з композиціями, що містять цинк або марганець, завантажені в деревну масу, в концентраціях, що становлять 250 м.ч., 500 м.ч. 1000 м.ч. і 2000 м.ч. цинку і 500 м.ч. 1000 м.ч. і 2000 м.ч. марганцю.

На цих фігурах показано, що хоча 2000 м.ч. цинку в формі солей металу в ґрунті виявляють токсичність для рослин маша, така ж концентрація цинку в формі композиції, як розкрито в даному документі, не проявляє токсичності, а скоріше показує покращений ріст в порівнянні з контролем.

Також показано, що 1000 м.ч. марганцю у формі солей металу в ґрунті виявляють токсичність для рослин маша, однак марганець у формі композиції, описаної в даному документі, в подвоєній концентрації (2000 м.ч.) все ще не проявляє токсичності, і замість цього продемонстрований чудовий ріст.

Приклад 13: Поглинання поживних речовин рослинами з композицій

В цьому експерименті тканини рослин маша піддавали елементному аналізу для визначення поглинання цинку і марганцю цими рослинами з ґрунту, змішаного з завантаженою цинком і марганцем деревною масою.

Для цього рослини маша висаджували в стерилізовані пробірки при чотирьох різних обробок ґрунту:

А) ґрунтова суміш Sunshine Mix (контроль);

В) ґрунтова суміш Sunshine Mix з 0,05 г чистої необробленої деревної маси (контроль - необроблена деревна маса);

С) ґрунтова суміш Sunshine Mix з 500 м.ч. цинку, завантаженого в деревну масу; и

Д) ґрунтова суміш Sunshine Mix з 500 м.ч. марганцю, завантаженого в деревну масу.

Рослини поливали 5 мл стерильної деіонізованої води і дозволяли рости протягом одного тижня при 16-годинному освітленні в день. Потім стебла і листя збирали, промивали деіонізованою водою і відправляли на лабораторний елементний аналіз.

Несподівано було показано, що рослини маша характеризувалися поглинанням цинку, яке було близько в три рази вище, ніж у контрольних рослин, і поглинанням марганцю близько в 8 разів вище, як показано на фіг. 9 і 10.

Таким чином, розкриті в цьому документі композиції можна застосовувати в ґрунті при більш високих концентраціях поживних речовин, ніж традиційні сольові добрива, не викликаючи токсичності. Більш того, схоже, що рослини були здатні витягувати поживні речовини з більшою швидкістю, ніж з солей, і використовувати їх в процесі росту. Відповідно до різних варіантів здійснення композиції, розкриті в даному документі, можуть привести до того, що рослини будуть здатні поглинати поживні мікроелементи з композицій і зберігати ці поживні речовини з дуже високими швидкостями в порівнянні з поглинанням поживних мікроелементів з солей.

Приклад 14: Поглинання цинку рослинами з різних носіїв

В цьому експерименті тканини рослин маша піддавали елементному аналізу для визначення поглинання цинку з цинку, зв'язаного з різними носіями, такими як пшенична солома, ячмінна солома, кокосове лушпиння і подрібнене рисове лушпиння.

Для цього рослини маша висаджували в стерилізовані пробірки для дослідження і автоклавовану ґрунтову суміш (ґрунтову суміш Sunshine Mix). Рослини маша вирощували в ґрунті без добавок, в ґрунті з носієм або в ґрунті з композиціями, що містять носій і цинк. Композиції, що містять носій і цинк, отримували відповідно до прикладу 1.

Використовувані обробки ґрунту були наступними:

А) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл без добавок (вода)

В) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг кокосового лушпиння (Coconut LOW-Zn)

С) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг кокосового лушпиння (Coconut HIGH-Zn)

Д) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг подрібненого рисового лушпиння (GRH LOW-Zn)

Е) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг подрібненого рисового лушпиння (GRH HIGH-Zn)

Ф) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг неподрібненого рисового лушпиння (RH LOW-Zn)

Г) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг неподрібненого рисового лушпиння (RH HIGH-Zn)

Н) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг ячмінної соломи (Barley LOW-Zn)

І) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг ячмінної соломи (Barley HIGH-Zn)

Ж) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг пшеничної соломи (Wheat HIGH-Zn)

К) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 5 мл 0,344 г $ZnCl_2$ в 1 л деіонізованої води, що еквімолярно 165 м.ч. цинку ($ZnCl_2$)

Л) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 190 мг композиції, що еквімолярно 330 м.ч. цинку, завантаженим в кокосове лушпиння ($ZnCoconut$)

М) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 180 мг композиції, що еквімолярно 330 м.ч. цинку, завантаженим в неподрібнене рисове лушпиння (ZnRH)

Н) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 160 мг композиції, що еквімолярно 330 м.ч. цинку, завантаженим в ячмінну соломку (ZnBarley)

О) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 95 мг композиції, що еквімолярно 330 м.ч. цинку, завантаженим в пшеничну соломку (ZnWheat).

Рослини поливали 4 мл стерильної деіонізованої води і дозволяли рости протягом 7 днів при 16-годинному освітленні в день. Потім рослини видаляли і безпосередньо повторно посіяли парами в автоклавані пробірки, що містять одну з обробок А)-О). Рослини поливали при пересадці і знову на дев'ятий день росту по 4 мл води в кожен пробірку. Рослинам давали можливість рости при 16 годинах світла в день при кімнатній температурі в герметично закритому флаконі. На 17 день їх видалили з ґрунту і взяли зразки тканин для аналізу ICP-MS.

Несподівано результати на фігурі 11 показують, що вміст цинку в тканинах рослин, вирощених з використанням композицій, був набагато вище, ніж в рослинах, вирощених в присутності одного носія. Крім того, результати показують, що розкриті в даному документі композиції ефективні в забезпеченні рослин цинком в біодоступній формі з використанням різних носіїв.

Приклад 15: Поглинання марганцю рослинами з різних носіїв марганцю

Приклад 14 повторювали з використанням марганцю замість цинку. Обробки ґрунту були наступними:

А) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг ячмінної соломи (Barley HIGH)

В) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг ячмінної соломи (Barley LOW)

С) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг неподрібненого рисового лушпиння (RH LOW)

Д) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг неподрібненого рисового лушпиння (RH HIGH)

Е) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг кокосового лушпиння (Coconut LOW)

Ф) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл без добавок (контроль)

Г) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг пшеничної соломи (Wheat HIGH)

Н) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг кокосового лушпиння (Coconut HIGH)

І) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 10 мг подрібненого рисового лушпиння (GRH LOW)

Ж) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 50 мг подрібненого рисового лушпиння (GRH HIGH)

К) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 7,5 мг $MnCl_2$, що еквімолярно 82,5 м.ч. марганцю ($MnCl_2$)

Л) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 830 мг композиції, що еквімолярно 165 м.ч. Mn, завантаженим в кокосове лушпиння (MnCoconut)

М) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 250 мг композиції, що еквімолярно 165 м.ч. Mn, завантаженим в подрібнене рисове лушпиння (MnGRH)

Н) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 465 мг композиції, що еквімолярно 165 м.ч. Mn, завантаженим в ячмінну соломку (Mnbarley)

О) ґрунтова суміш Sunshine Mix 10 мл з 433 мг композиції, що еквімолярно 165 м.ч. Mn, завантаженим в пшеничну соломку (MnWheat).

Рослини обробляли за тим же протоколом, що і в прикладі 14.

Несподівано результати на фігурі 12 показують, що вміст марганцю в тканинах рослин, вирощених з використанням композицій, набагато вище, ніж в рослинах, вирощених в присутності одного носія. Крім того, результати показують, що розкриті в даному документі композиції ефективні в забезпеченні рослин цинком в біодоступній формі з використанням різних носіїв.

Приклад 16: Оптимізація змінних при синтезі композицій, що містять носій-рисове лушпиння і марганець

Синтез розкритих в даному документі композицій можна оптимізувати для отримання різних результатів, таких як максимізація кількості елементів, зв'язаних з носієм, шляхом коригування змінних синтезу.

В цьому прикладі концентрації солі металу і основи відрегулювали для максимального збільшення зв'язування марганцю з носієм-рисовим лушпинням при збереженні постійної температури і часу реакції. Носій-рисове лушпиння складався як з подрібненого, так і з неподрібненого рисового лушпиння.

Відсоткове співвідношення по масі хлориду марганцю і відсоткове відношення по масі карбонату натрію варіювали, як показано в таблиці 9. Результуючу концентрацію марганцю, зв'язаного з рисовим лушпинням, вимірювали за допомогою ICP-MS. У кожному разі використовували 10 г носія з подрібненого рисового лушпиння відповідно до способу в прикладі 1 з бікарбонатом натрію в якості основи.

Таблиця 9

Мільйонні частки Mn в композиціях, що містять рисове лушпиння

в якості носія, шляхом зміни кількості солі металу і основи під час синтезу

№ експерименту	MnCl ₂ (% по масі)	NaHCO ₃ (% по масі)	м.ч. Mn в композиції
1	5	10	23,3
2	10	5	80,9
3	10	10	27,9
4	10	15	43,7
5	15	5	64,3
6	15	10	31,5
7	15	15	132,7
8	20	10	81,8
9	30	5	66,8
10	30	10	99,9
11	30	15	55,6
12	20	5	67,7
13	20	10	88,5
13	20	15	51,9
14	20	20	16,9
15	20	30	60,2

Відповідно до таблиці 9, найвища концентрація зв'язаного з носієм марганцю була показана в експерименті № 7 з використанням 15 % MnCl₂ по масі і 15 % NaHCO₃. SEM-зображення отриманого продукту показано на фігурі 13.

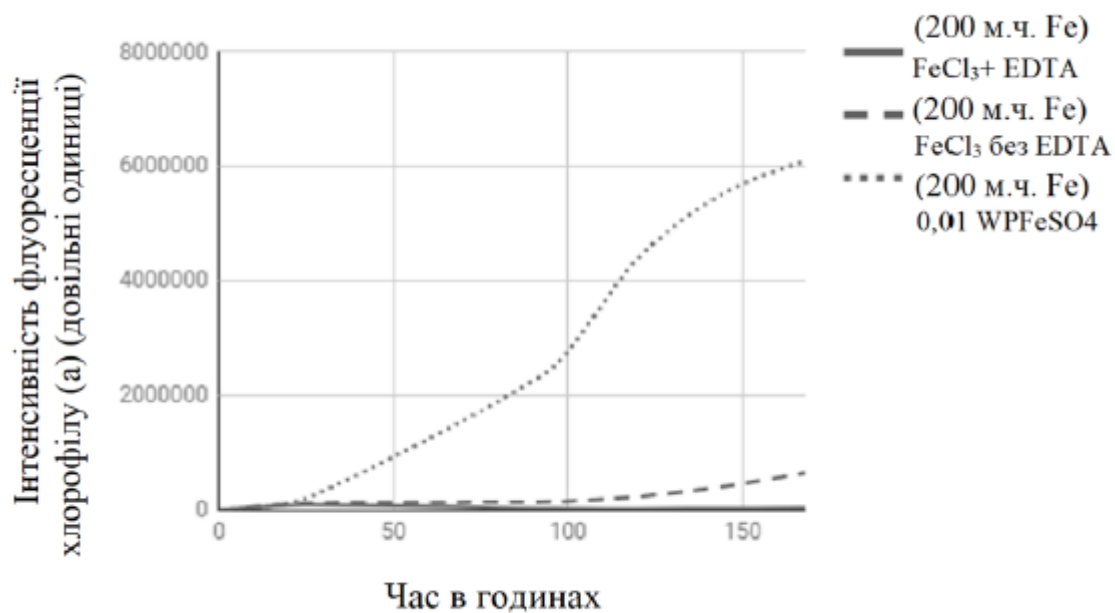
Відповідно до різних варіантів здійснення застосовними можуть бути нижчі концентрації зв'язаного металу. Наприклад, при внесенні металевих мікроелементів в ґрунт може бути важко вносити дуже невеликі кількості в велику кількість ґрунту. У цих випадках описані в даному документі композиції, що включають в себе менші кількості елемента, дозволяють використовувати великі кількості композиції в ґрунтах, полегшуючи змішування і рівномірний розподіл в ґрунтах.

Приклад 16: SEM- аналіз зв'язування

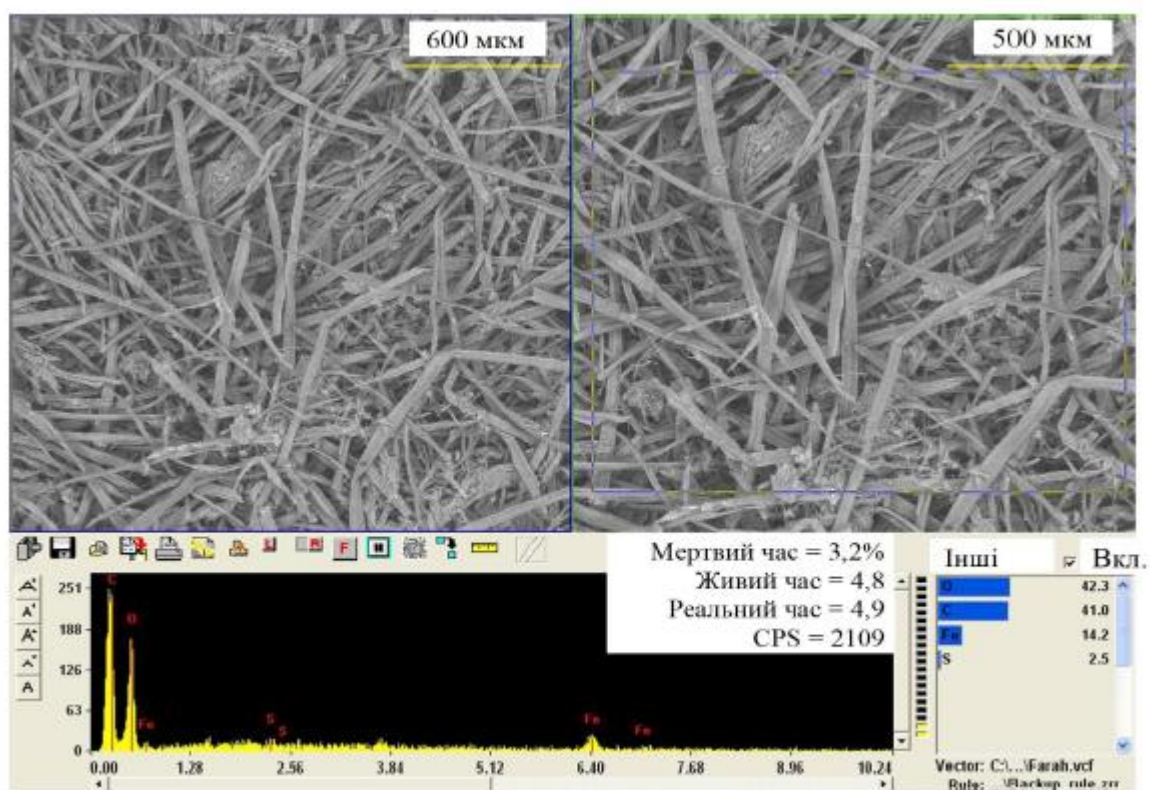
На фіг. 14 і 15 показані отримані за допомогою SEM зображення марганцю, зв'язаного з носієм-рисовим лушпинням. Для створення зображень використовували SEM Nano-Nova. Дані на фігурах 14 і 15 показують, що марганець зв'язаний в сферичні нанорозмірні частки з середнім діаметром, що становить 700 нм.

Хоча в даному документі розкриті різні варіанти здійснення даного винаходу, багато адаптацій та модифікацій можуть бути виконані в межах обсягу даного винаходу відповідно до загальних знань фахівців у даній галузі техніки. Такі модифікації включають в себе заміну відомих еквівалентів для будь-якого аспекту даного винаходу для досягнення того ж результату, по суті, таким же чином. Числові діапазони включають в себе числа, що визначають діапазон. Слово "що містить" використовується в даному документі як необмежувачий термін, по суті еквівалентний фразі "включаючи в себе без обмеження", і слово "містить" має відповідне значення. Використовувані в даному документі форми однини включають в себе множину, якщо контекст явно не диктує інше. Так, наприклад, посилання на "річ" включає в себе більше однієї такої речі. Цитування в даному документі посилань не є визнанням того, що такі посилання є попереднім рівнем техніки для даного винаходу. Будь-який(і) пріоритетний(і) документ(и) і всі публікації, включаючи в себе без обмеження патенти і заявки на видачу патенту, цитовані в даному описі, включені в даний документ за допомогою посилання, як яби було зазначено, що кожна окрема публікація була спеціально і індивідуально включена в даний документ за допомогою посилання і як якщо б вона була повністю представлена в даному документі. Даний винахід включає в себе всі варіанти здійснення і варіації, по суті, як описано вище, і з посиланням на приклади і графічні матеріали.

200 м.ч. концентрація заліза з трьома матеріалами



Фіг. 1



Фіг. 2а

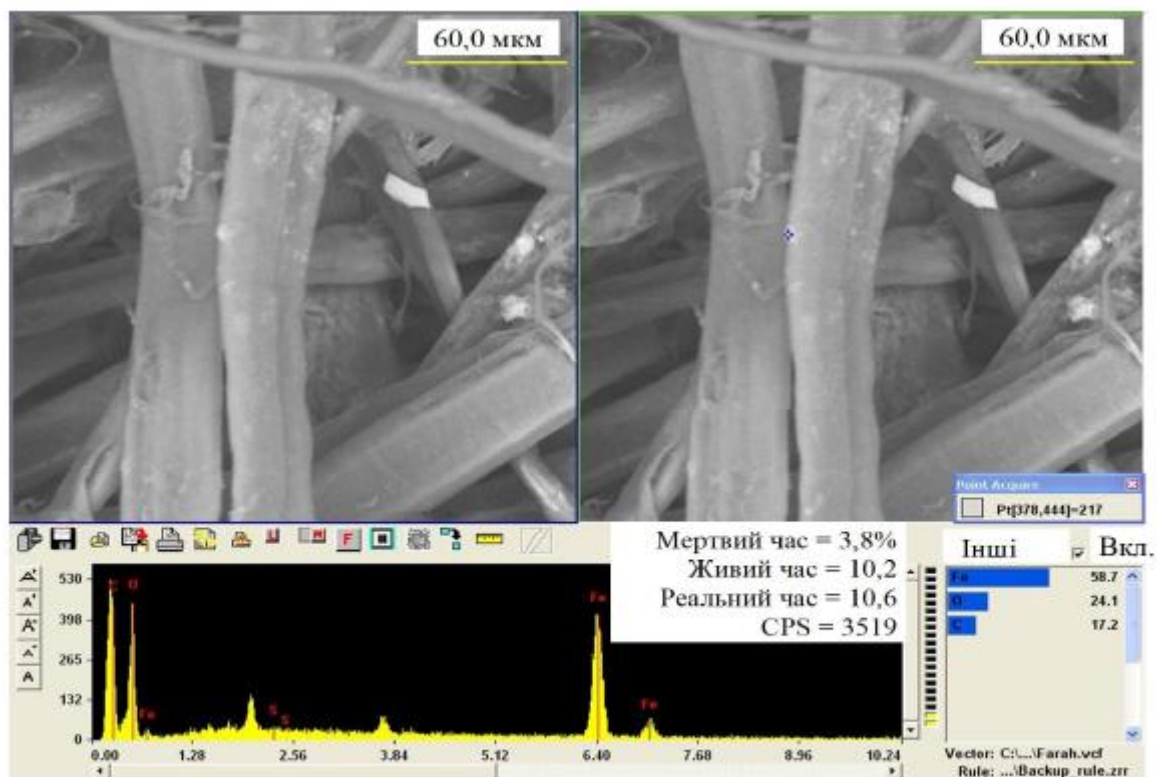


Fig. 2b

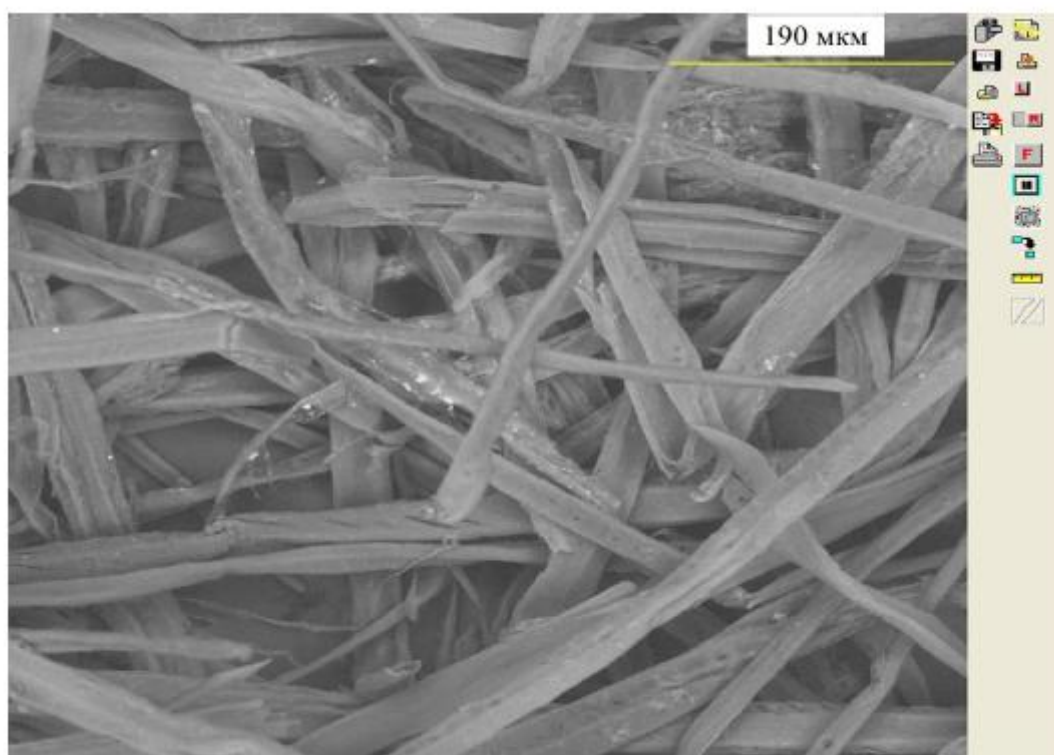
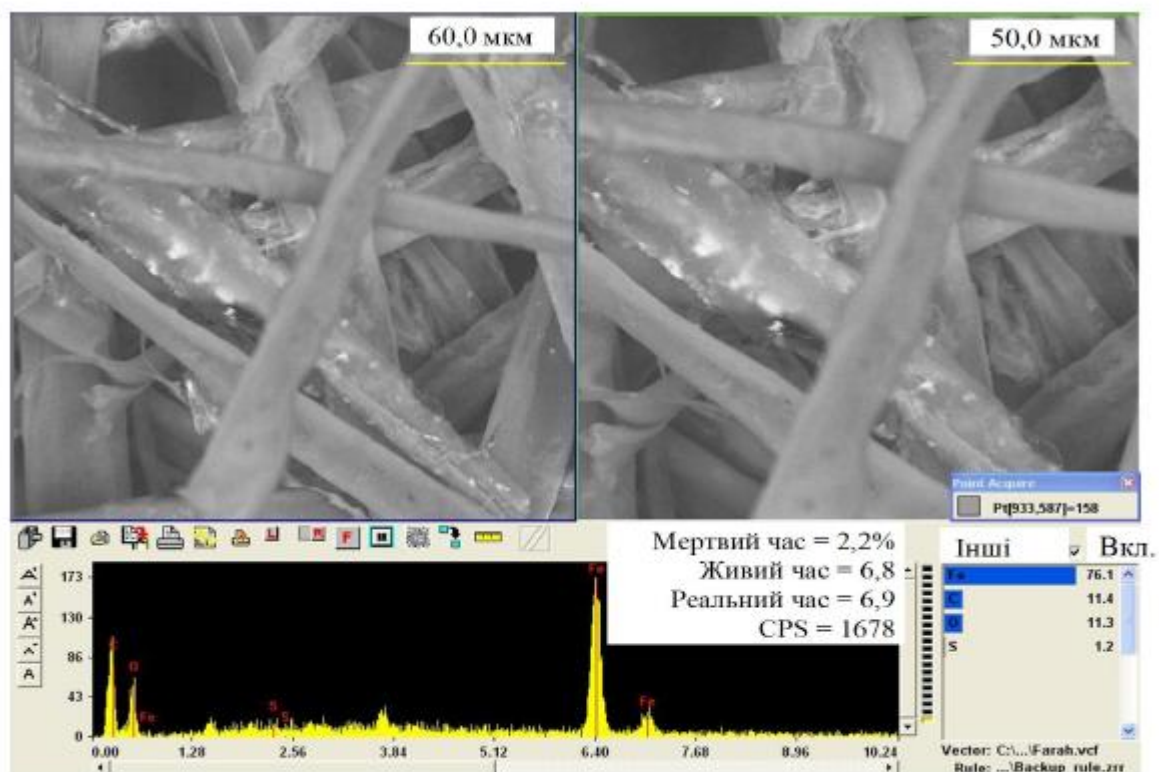
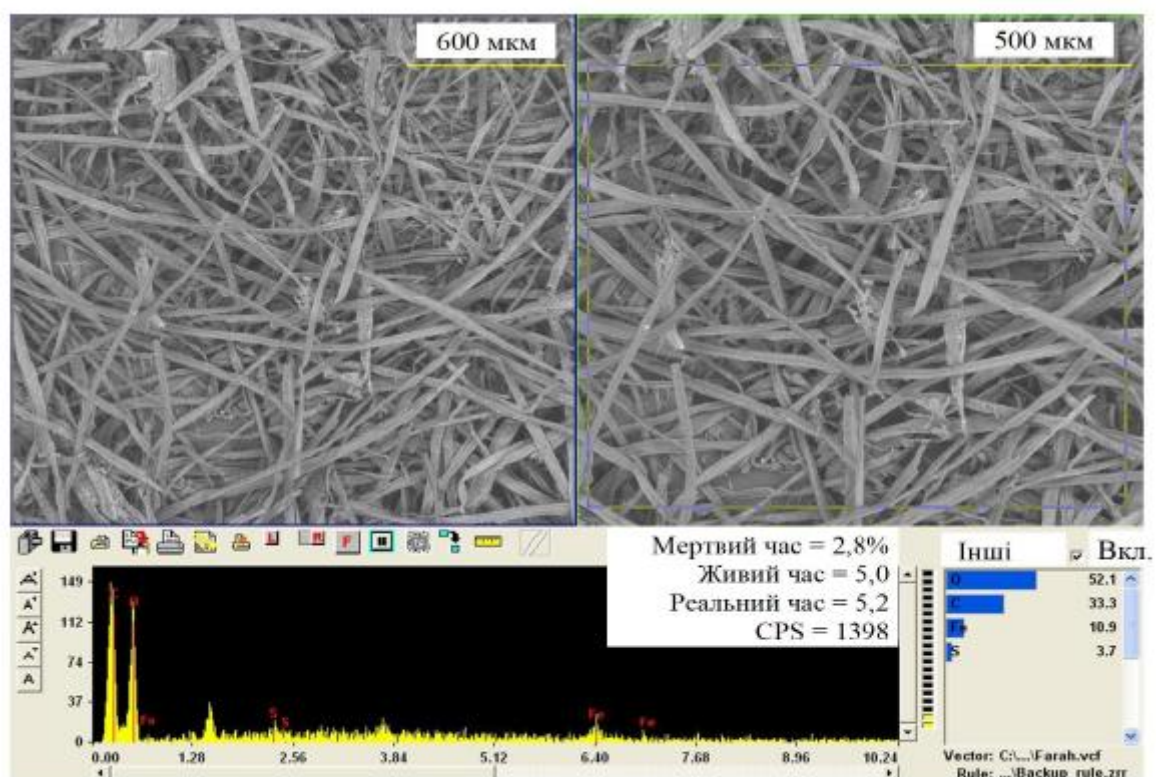


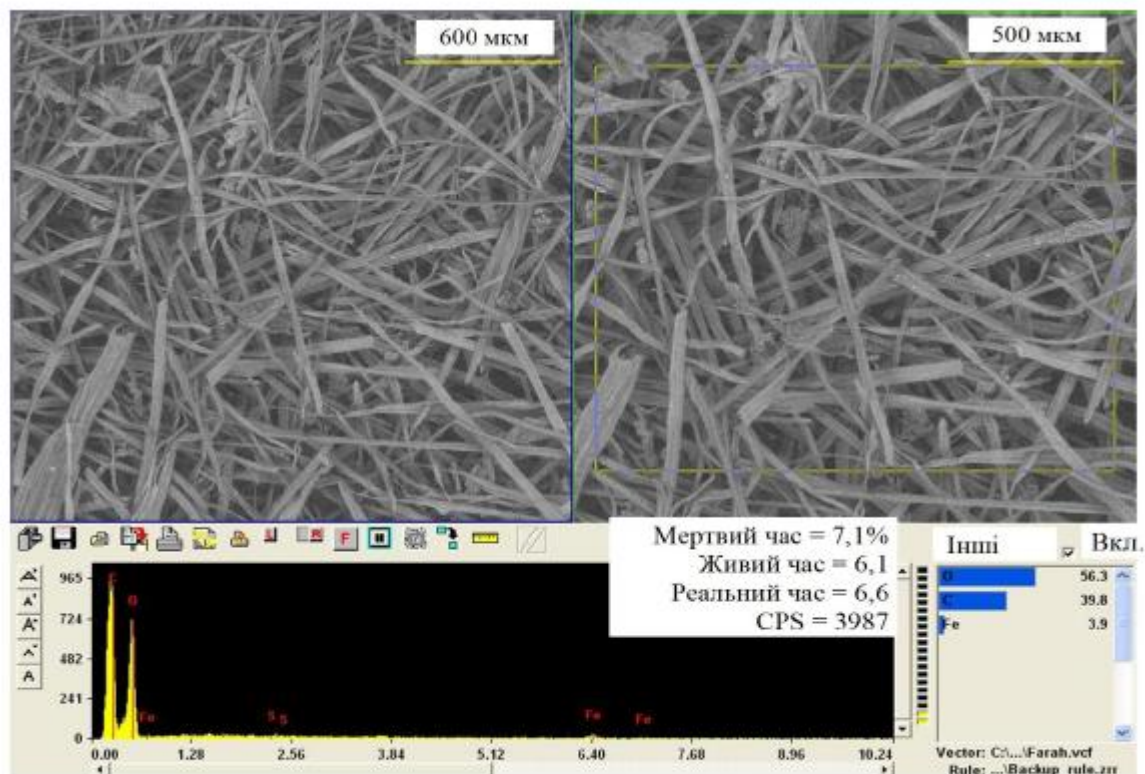
Fig. 3a



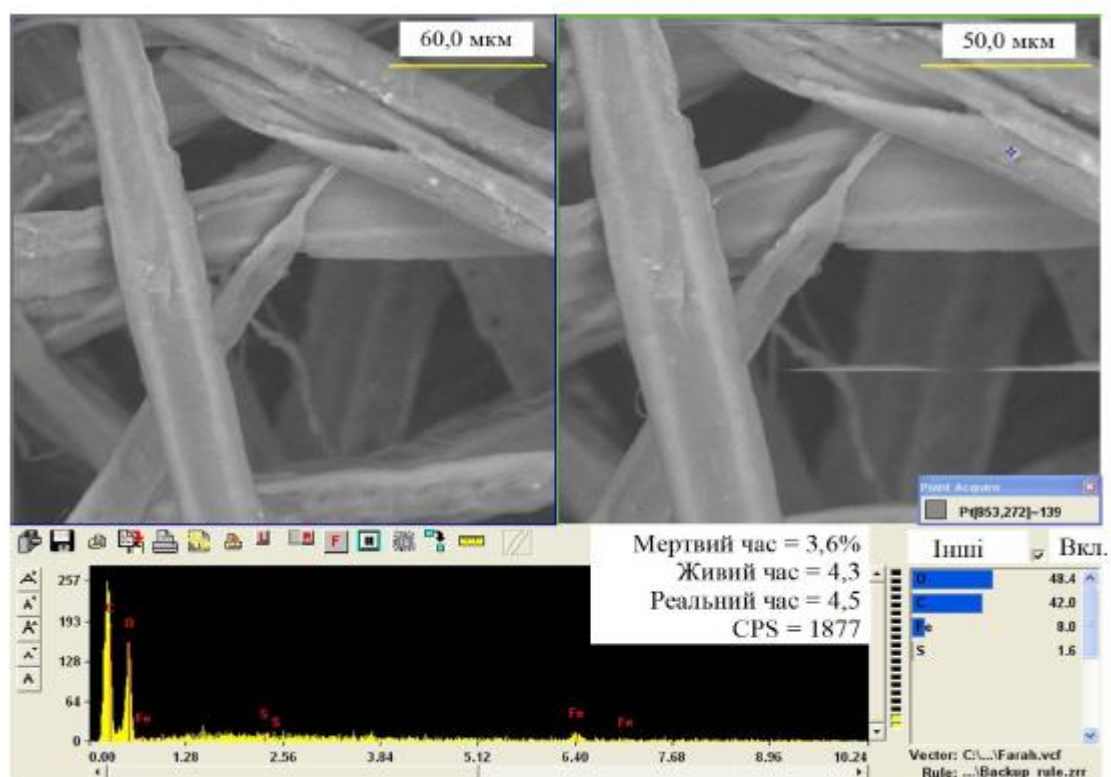
Фіг. 3b



Фіг. 3c



Фіг. 4а



Фіг. 4б

Експеримент 6 – Ріст маша (висота стебла)

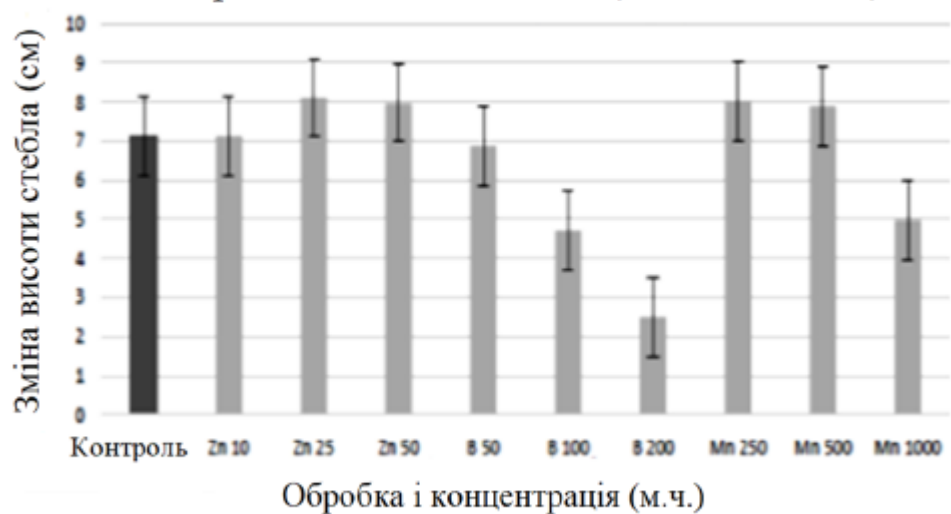


Fig. 5a

Експеримент 6 – Ріст маша (довжина кореня)

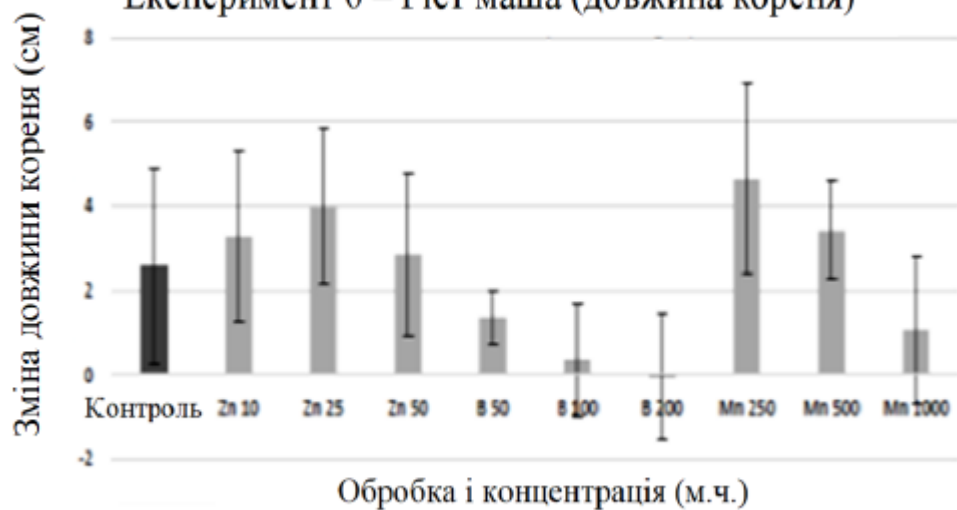
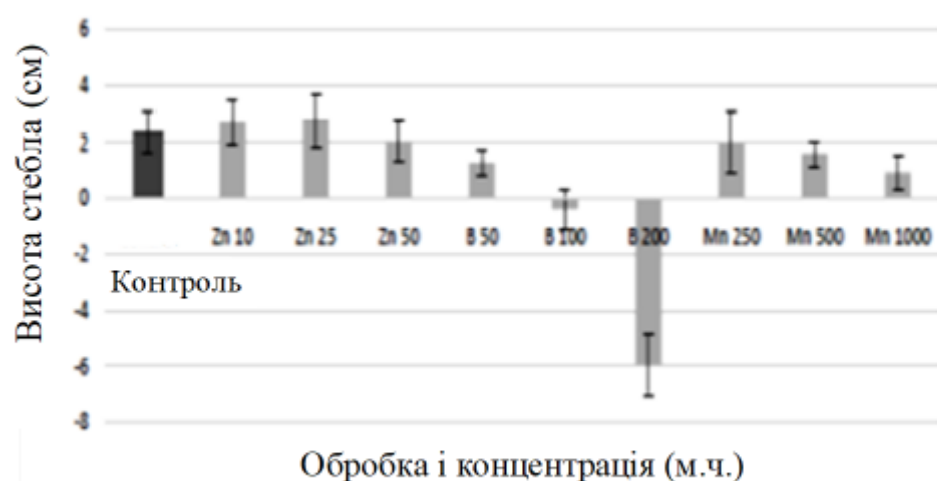


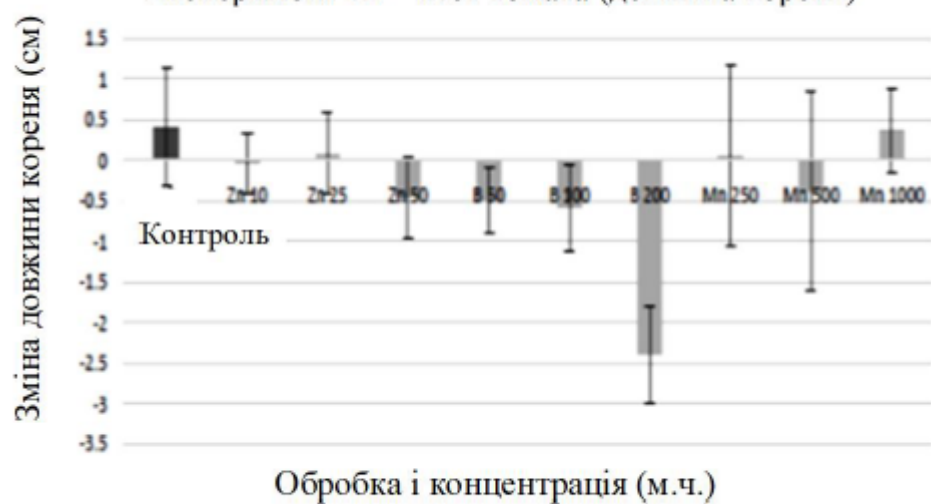
Fig. 5b

Експеримент 6В – Ріст томата (висота стебла)



Фіг. 6а

Експеримент 6В – Ріст томата (довжина кореня)



Фіг. 6b

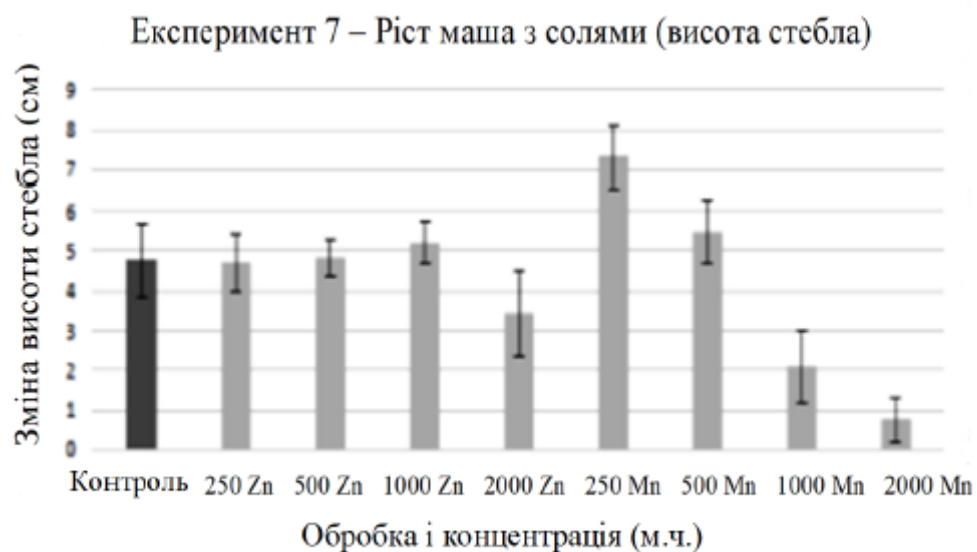


Fig. 7a

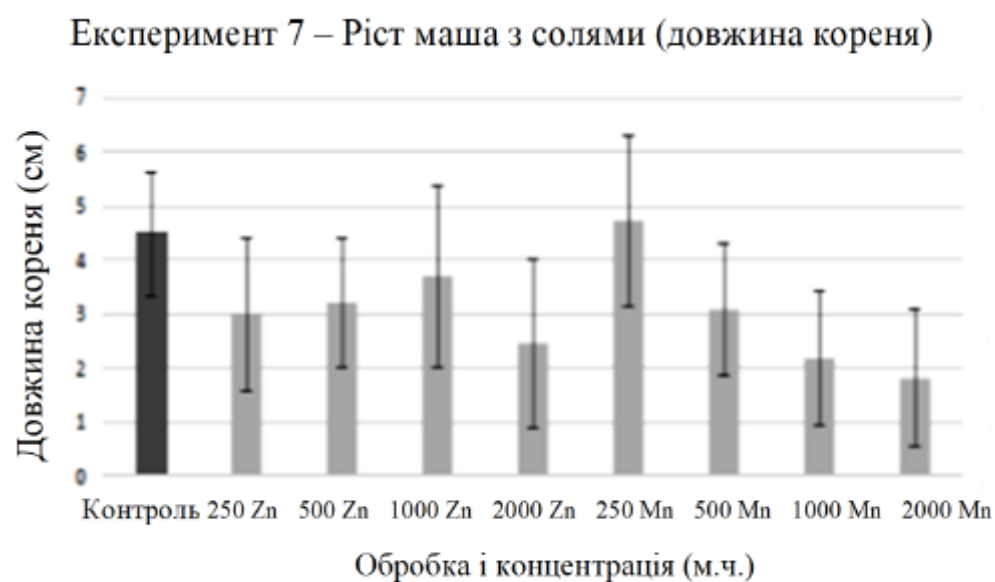
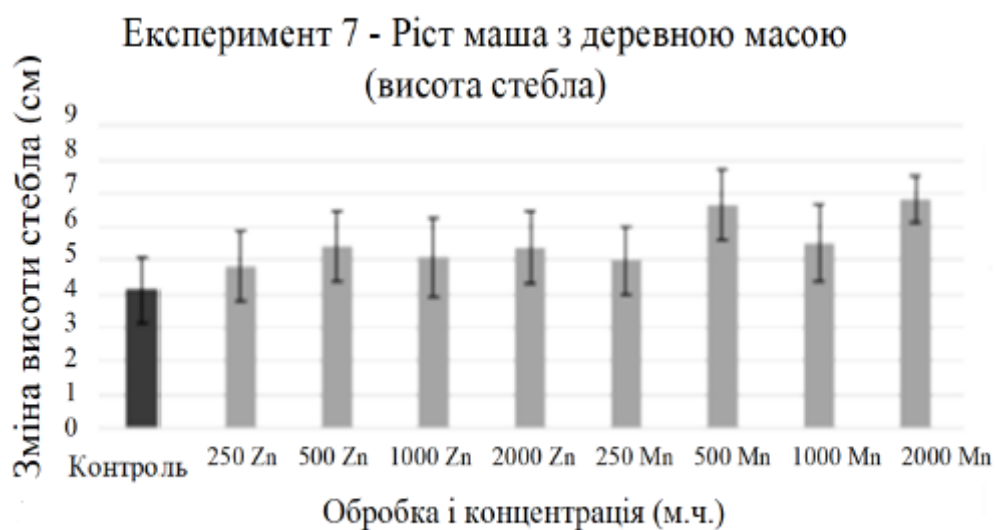
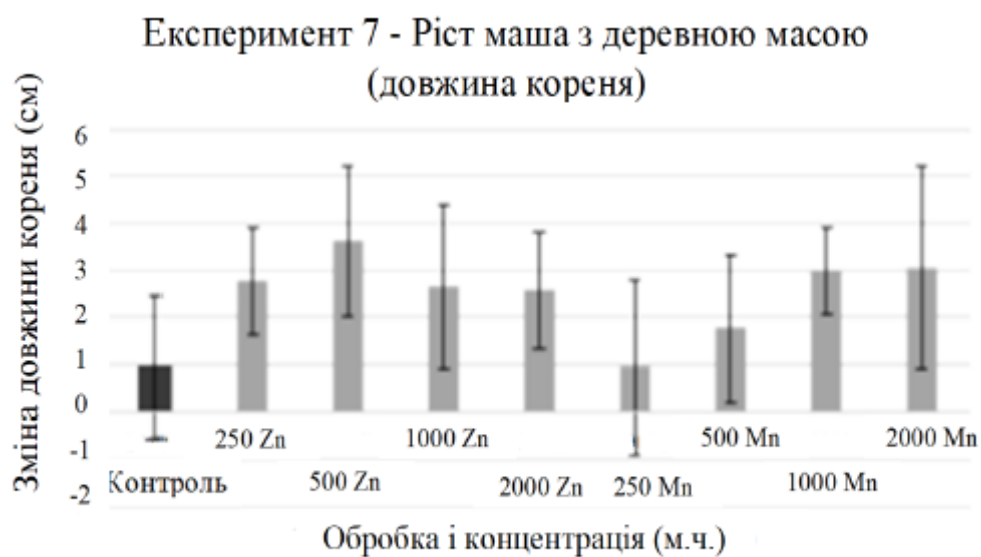


Fig. 7b



Фіг. 8а



Фіг. 8б

Концентрація цинку в тканині мasha

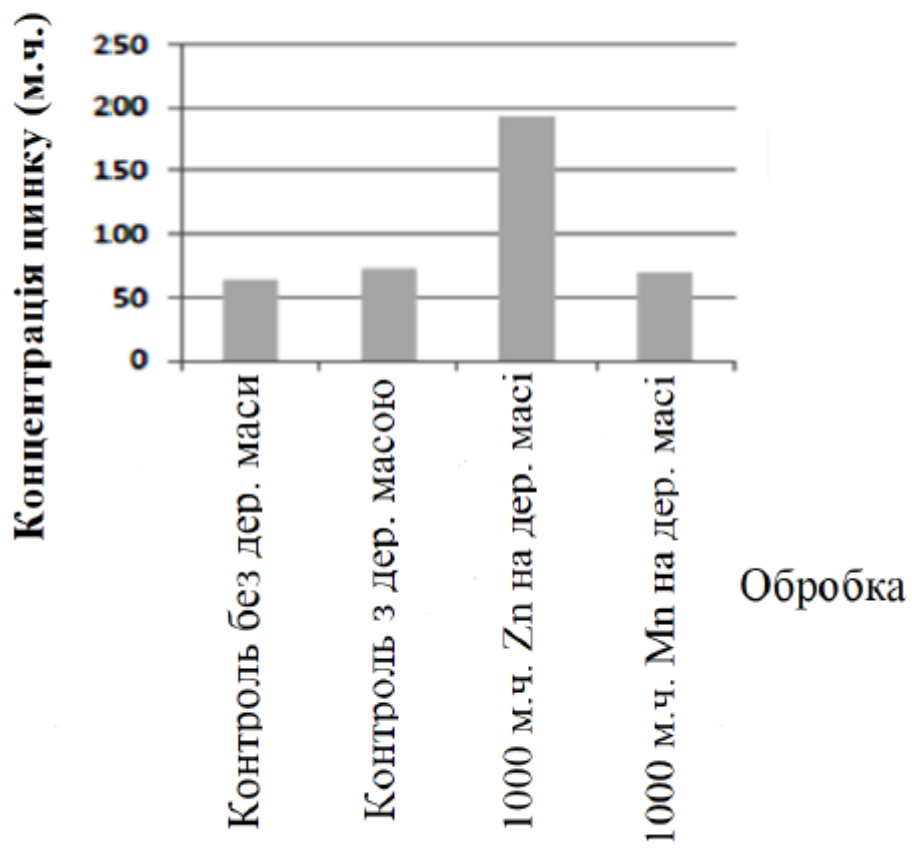
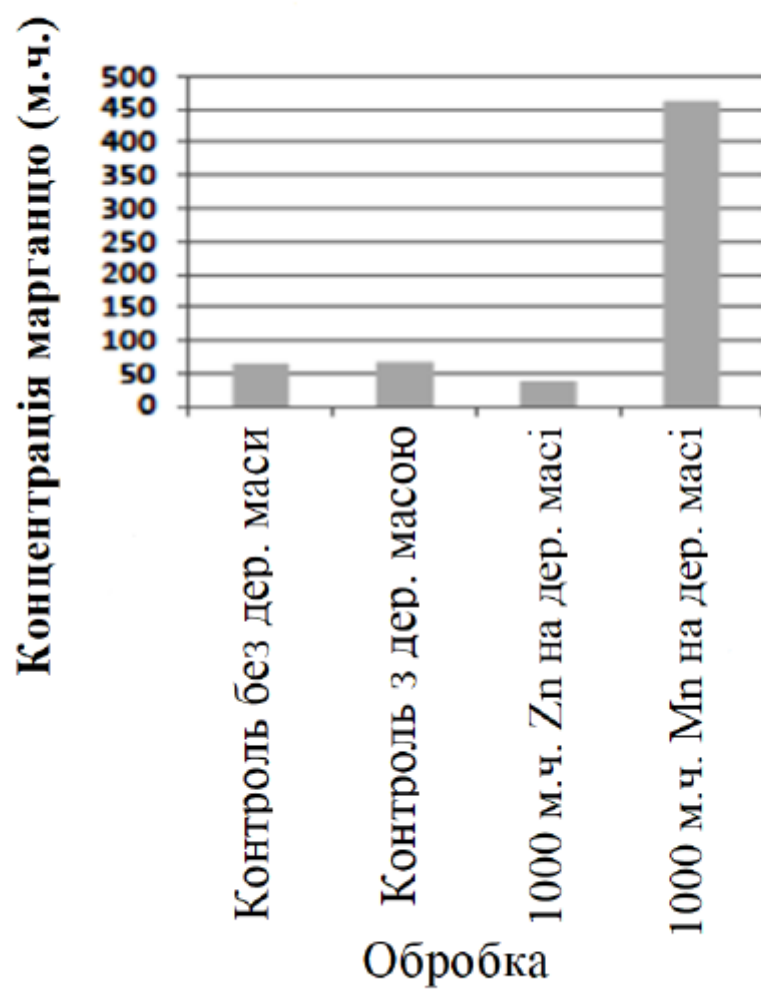
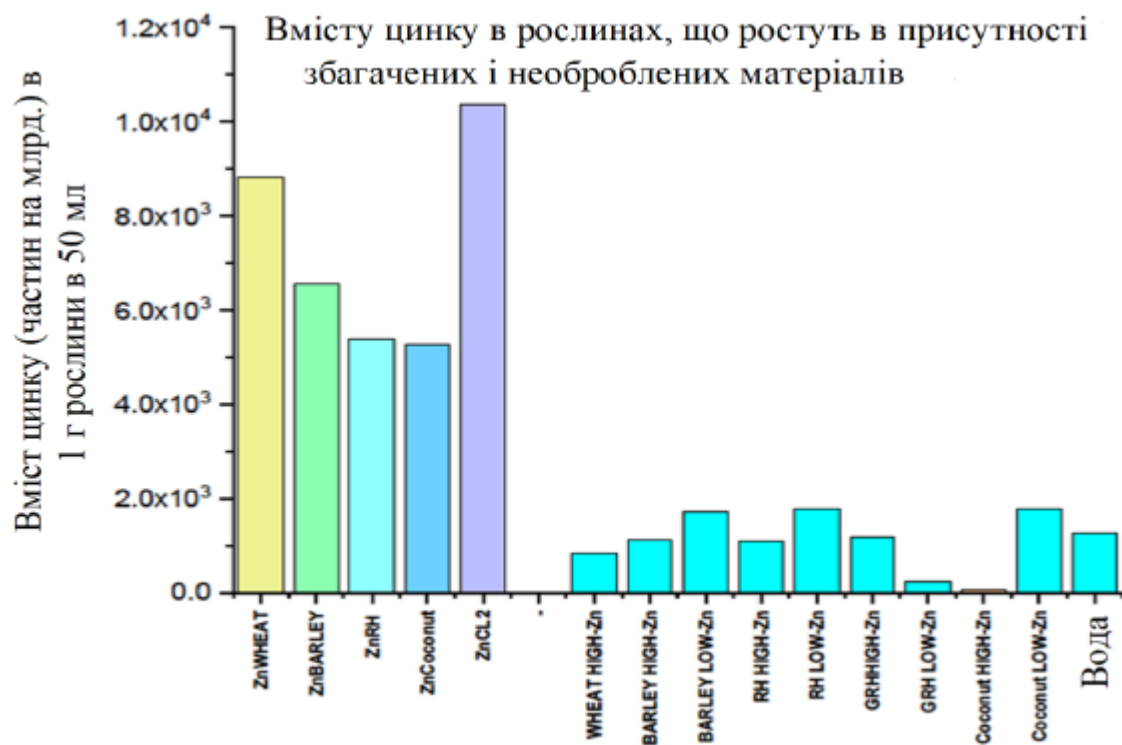


Fig. 9

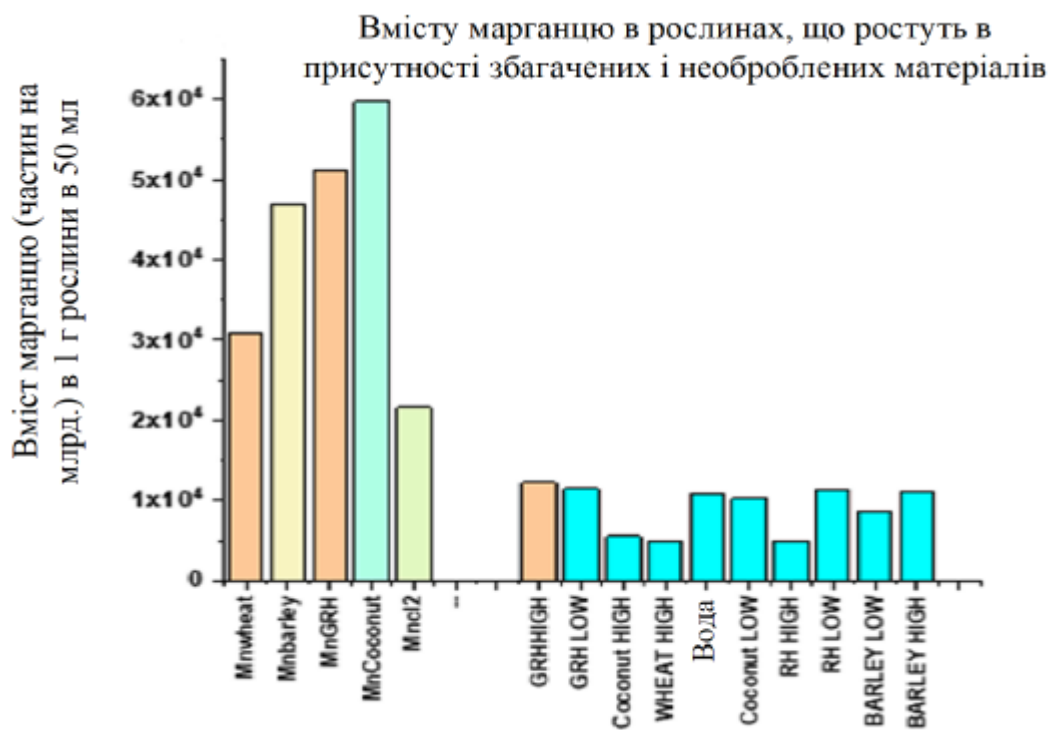
Концентрація марганцю в тканині мша



Фіг. 10



Фіг. 11



Фіг. 12

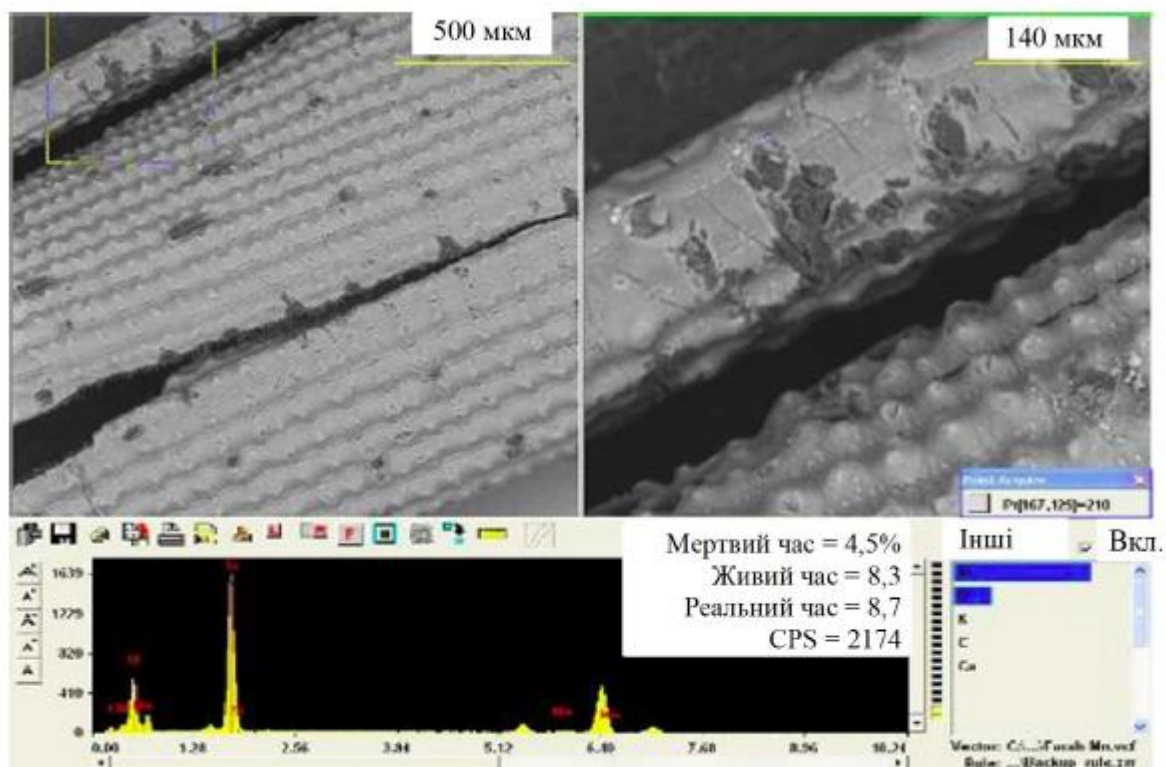


Fig. 13

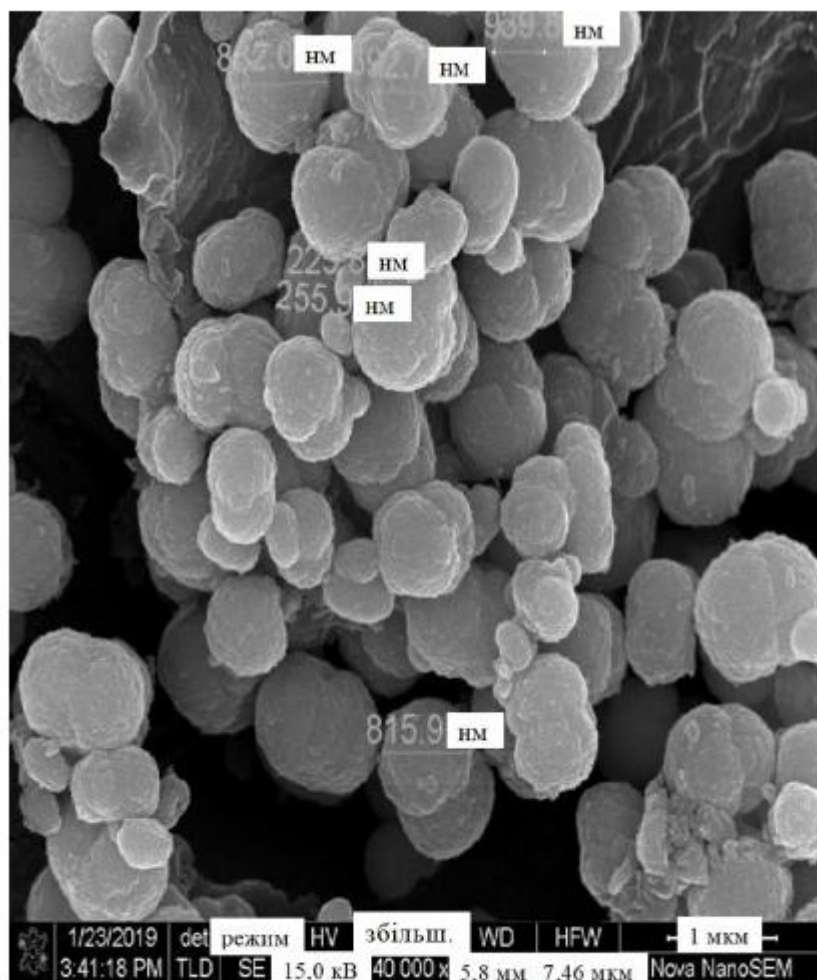
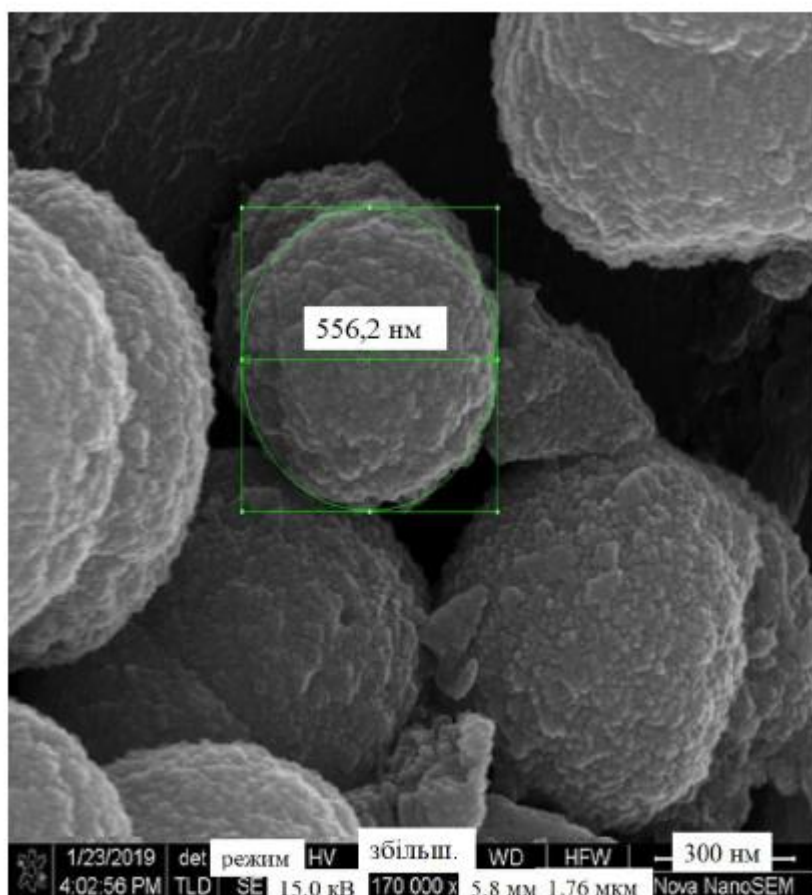


Fig. 14



Фіг. 15