

**Елементний склад плодів *Lycopersicon esculentum* Mill.
за впливу технології вирощування з використанням органо-мінерального
добрива «SMART» композит Марцінішин®**

¹Дзендзель А. Ю., ¹Пида С. В., ²Тригуба О. В.

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

²Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка

andrijdzendzel@gmail.com; spyda@ukr.net; boratun1@ukr.net

Ключові слова: помідор їстівний, органо-мінеральне добриво, мінеральні елементи, макроелементи, мікроелементи, коефіцієнт біологічного накопичення.

Мінеральні речовини, які містяться в овочах, виконують важливі функції в організмі людини: забезпечують білковий, вуглеводневий, жировий, водний і мінеральний метаболізм; є компонентами вітамінів, ферментів та білків; регулюють фізіологічні процеси рослинного організму. Метою дослідження було здійснення аналізу елементного складу плодів томатів за технології вирощування культури з використанням органо-мінерального добрива. Матеріалами для дослідження слугували італійський гібрид першого покоління Талент помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.) та органо-мінеральне добриво «SMART» композит Марцінішин®. Дослідження виконувалися у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України впродовж 2019–2021 рр. за допомогою спектрофотометричного, титриметричного та атомно-абсорбційного методів. Аналіз агрохімічних показників лучно-чорноземного середньосуглинкового на лесоподібних суглинках ґрунту дослідних ділянок вказує на його придатність для вирощування помідора їстівного. У результаті досліджень у плодах помідора їстівного виявлено макро- (Нітроген, Кальцій, Магній, Калій, Фосфор) та мікроелементи (Ферум, Цинк, Купрум, Манган, Бор). Застосування органо-мінерального добрива в технології вирощування *Lycopersicon esculentum* Mill. F1 Талент сприяло накопиченню у плодах Нітрогену, Кальцію, Калію, Фосфору, Цинку та Мангану. Їх кількість збільшилася на 68,5%, 12,6%, 28,3%, 85,2%, 25,8% та 56,2% відповідно порівняно з контролем, а кількість Феруму зменшилася на 10,3%. За вмістом Купруму та Бору плоди контрольного й дослідного варіантів істотно не відрізнялися між собою. Кількість мікроелементів не перевищувала гранично допустимі концентрації, перебувала в межах норми, вони не проявляли властивості важких металів. За величиною коефіцієнта біологічного накопичення помідор їстівний належить до концентратора Нітрогену, Фосфору, Калію та Купруму, деконцентратора Феруму, Цинку та Мангану. За умови впливу органо-мінерального добрива зростає лежкість плодів у післязбиральний період.

Elemental composition of *Lycopersicon esculentum* Mill. fruits under the influence of the combined organic and mineral fertilizer “SMART” Marcinyshyn composite®

¹Dzendzel A. Yu., ¹Pyda S. V., ²Tryhuba O. V.

¹Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

²Kremenets Taras Shevchenko Regional-Humanitarian-Pedagogical Academy
andrijdzendzel@gmail.com; spyda@ukr.net; boratun1@ukr.net

Key words: edible tomato, organo-mineral fertilizer, mineral elements, macroelements, microelements, coefficient of biological accumulation.

Mineral substances contained in vegetables perform important functions in the human body, providing protein, carbohydrate, fat, water and mineral metabolism, are components of vitamins, enzymes and proteins, regulate the physiological processes of the plant organism. The purpose of the study was to analyse the elemental composition of tomato fruits according to the culture cultivation technology using organo-mineral fertilizer. Materials for the study were the Italian hybrid of the first generation of Talent edible tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and organo-mineral fertilizer “SMART” Marcinyshyn composite®. The research was carried out in the soil and climatic conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine during 2019–2021 using spectrophotometric, titrimetric and atomic absorption methods. The analysis of agrochemical indicators of meadow-chnozem medium loam on loess-like loam soil of experimental plots indicates its suitability for growing edible tomatoes. As a result of research, macro-(Nitrogen, Calcium, Magnesium, Potassium, Phosphorus) and microelements (Ferum, Zinc, Copper, Manganese, Boron) were found in the fruits of edible tomatoes. Organo-mineral fertilizer application in cultivation technology of *Lycopersicon esculentum* Mill. F1 Talent contributed to the accumulation of Nitrogen, Calcium, Potassium, Phosphorus, Zinc and Manganese in the fruits. Their number increased, respectively, by 68,5%, 12,6%, 28,3%, 85,2%, 25,8% and 56,2% compared to the control, and the accumulation of Ferum decreased by 10,3%. According to the content of Copper and Boron, the fruits of the control and experimental variants did not differ significantly from each other. The number of microelements did not exceed the maximum allowable concentrations, was within the normal range, and those microelements did not exhibit the properties of heavy metals. According to the value of the biological accumulation coefficient, the edible tomato belongs to the concentrator of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Copper, and the deconcentrator of Ferum, Zinc and Manganese. Due to the effect of organo-mineral fertilizer, the ripening of fruits increases in the post-harvest period.

Вступ

Мінеральні елементи є обов'язковим компонентом рослинного організму, вони необхідні для його нормального росту та розвитку, оскільки виконують структурну, каталітичну (підвищують ефективність ферментів, є активними каталізаторами) та електрохімічну функції^{1, 2}. Йони металів беруть участь у формуванні стійкості рослин до несприятливих чинників різної природи³. Відомо, що у тканинах рослин виявлено понад 60 елементів мінерального живлення, однак тільки частина з них є необхідними для забезпечення життєдіяльності. Інші, абіогенні, надходять до рослин чисто випадково, пасивно та фактично не є життєво необхідними⁴. Дослідження елементного складу

вегетативних і генеративних органів є актуальною проблемою з погляду вивчення механізмів фізіологічних процесів у рослинах⁵. В організм людини значна кількість мінеральних речовин надходить з овочевою продукцією.

Згідно з Концепцією Державної цільової програми розвитку овочівництва на період до 2025 р. Україна входить у ТОП-20 світових лідерів за валовим виробництвом овочевої і баштанної продукції та посідає третє місце в Європі за показниками їх загального виробництва, поступаючись лише Італії та Іспанії⁶.

За даними Організації з продовольства і сільського господарства (ФАО), помідор їстівний посідає перше місце у світі серед овочевих за

площами вирощування та відрізняється найбільшим різноманіттям сортименту⁷. В Україні серед овочів *Lycopersicon esculentum* Mill. – найпоширеніша культура. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, на 2021 р. було зареєстровано 518 сортів, з них лише 80 – вітчизняної селекції⁸. Культура є екологічно пластичною та високоврожайною з універсальним використанням плодів.

Дослідженням якості плодів томатів за різних технологій вирощування займаються українські та іноземні вчені^{7,9–11}. Встановлено, що плоди *Lycopersicon esculentum* Mill. містять низку поживних речовин, які широко вивчаються на предмет їх потенційного впливу на здоров'я людини, включно з клітковиною, мінералами, вітамінами С і Е, каротиноїдами, хлорофілами, (полі)фенолами, глікоалкалоїдами та органічними кислотами¹². Мінімальна рекомендована норма вживання помідорів в Україні для працездатного населення становить 25 кг на рік – 0,068 кг на добу¹³. В організмі людини мінеральні елементи входять до складу речовин, зокрема вітамінів, ферментів і білків, впливають на білковий, вуглеводневий, жировий, водний та мінеральний обмін.

Мета дослідження – проаналізувати елементний склад плодів томатів за технології вирощування культури з використанням органо-мінерального добрива (далі – ОМД).

Матеріал та методи досліджень

Польові досліди з помідором їстівним заклали в умовах Західного Лісостепу України на ділянках фермерського господарства (с. Курники Тернопільського району Тернопільської області) на лучно-чорноземних середньосуглинкових на лесоподібних суглинках ґрунтах упродовж 2019–2021 рр. Кліматичні умови вегетаційних періодів загалом сприяли оптимальному росту та розвитку помідора їстівного. Середньомісячна температура повітря у квітні – травні відповідала нормі – +12–22°C; у червні – +19–26°C; у липні – серпні – +25–30°C.

Матеріалом дослідження слугував італійський (виведений спеціалістами фірми *Esasem*) гібрид першого покоління Талант помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.) та органо-мінеральне добриво «SMART» композит Марцінішин®. Гібрид помідора їстівного F1 Талант є кущовий, детермінантний, середньостиглий¹⁴.

Органо-мінеральне добриво «Smart» композит Марцінішин® марок Гармонія наногідрат, Аграрний ЕЛ-композит, Тріплетремедіант деструктор, Фазовий прискорювач, Поліремедіант Н-10, Адаптор С-11-11, Агрехелп-24, р. (N_{3ar} – 0,6±0,5%, P_{2O_5} – 0,7±0,5%, K_2O – 0,6±0,5%, C_{3ar} – 8,0±0,5%) включене до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, зі статусом

«постійна реєстрація» для застосування в сільському господарстві. Відповідно до плану державних випробувань застосування відбувається шляхом позакореневого, листового підживлення, обробки насіння безпосередньо перед посівом зернових колосових культур, кукурудзи, соняшнику, сої, ґрунту навесні перед сівбою, поживних решток із нормами витрат згідно з агрономічними рекомендаціями для кожної марки добрива¹⁵. Марки ОМД відрізняються між собою складом і напрямом дії.

ОМД, відповідно до Гігієнічної класифікації пестицидів за ступенем небезпечності (ДСан-ПіН8.8.1.002-98)¹⁶, відповідають вимогам безпеки для здоров'я та життя людини, не забруднюють навколишнє природне середовище, оскільки це препарати 4 класу токсичності.

Добриво виготовляють за технічними умовами ТУ У 20.1-2292002437003:2016 «Концентрована органічна добавка в надмалих масштабах з функцією тунелювання і самоорганізації «SMART» композит Марцінішин®»¹⁷. Розробником нормативно-технічної документації, технології застосування для вищезазначених культур та виробником добрива є ФОП Марцінішин Юрій Данилович, Україна (ТОВ «Науково-дослідний інститут нооферної валеології Марцінішин здоров'я збереження і планетарної екологічної безпеки людини», Україна). Розроблену технологію використано під час вирощування помідора їстівного.

Польові досліди з помідором їстівним заклали у двох варіантах: контроль (без застосування добрив) і дослід (за впливу технології з використанням ОМД). Помідори вирощували розсадним способом. Розсаду вирощували в теплиці, висаджували у відкритий ґрунт у третій декаді травня за схемою 60×40 см. Площа облікової ділянки 25 м², повторність чотириразова.

У дослідному варіанті для підживлення кореневої системи та покращення приживаності розсади її перед висаджуванням у ґрунт замочували на 5–10 хв ОМД: вода зі скважини (100 л) + Адаптор С-11-11 (20 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин* + Аграрний ЕЛ-композит (1 л). У фазі 3–4 справжніх листків для поліпшення формування вегетативних органів проводили позакореневе підживлення рослин ОМД шляхом обприскування надземної маси за допомогою ранцевого мотообприскувача: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин* + Фазовий прискорювач (0,2 л). Друге позакореневе підживлення рослин спрямоване також на інтенсифікацію ростових процесів вегетативних органів. Його проводили у фазі 5–7 справжніх листків за допомогою ОМД: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А)

(1 л) + засоби захисту рослин*. У фазі формування кущів – початку бутонізації проводили третє поза-кореневе підживлення рослин ОМД: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин* + Агрохелп 24 (25 мл). Наступне обприскування рослин ОМД проводили у фазі початку цвітіння: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин*. Обприскування рослин ОМД здійснювали також у фазі формування ягід для поліпшення розвитку генеративних органів: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин* + Гармонія нано-гідрат (0,2 л). Останнє обприскування рослин ОМД проводили у фазі змикання ягід: вода (200 л) + Адаптор С-11-11 (12 мл) + Нано Гідрат Гумату (марки А) (1 л) + засоби захисту рослин*. Рослини контрольного варіанту в аналогічних фазах росту й розвитку зволожували водою із засобами захисту рослин* також за допомогою ранцевого мотооприскувача.

Ґрунт для агрохімічного дослідження відбирали в ранньовесняний період на полі за ДСТУ 4287:2004 з наступною підготовкою (ДСТУ ISO 11464:2007). У середній пробі ґрунту визначали кислотність (ДСТУ ISO 10390:2001), вміст органічної речовини (гумусу) оксидиметричним методом (ДСТУ 4289:2004), кількість нітратного та амонійного Нітрогену згідно з ДСТУ 4729:2007, рухомого Фосфору й обмінного Калію за модифікованим методом Чирикова (ДСТУ 4115:2002), вміст обмінних Кальцію, Магнію, Натрію і Калію (ДСТУ ISO 11260:2001), рухомих

сполук Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ДСТУ 4770.1:2007 – 4770.9:2007). Аналізи виконано в лабораторії інструментальних методів досліджень Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (свідоцтво про атестацію № 01-0105/2017 від 1 серпня 2017 р.).

Для проведення аналізів відбирали по 2 стиглі плоди з 5 рослин кожної повторності польового досліду. Рандомним способом із цих плодів формували по 3 об'єднані проби. Дослідження мінерального складу плодів помідора проводили способом озоління прискореним методом Гінзбург, Щеглової за допомогою спектрофотометричного (N, P, K), титриметричного (Ca, Mg)¹⁸ та атомно-абсорбційного на Сатурн 4-ПАВ після сухого озоління за Сухаревою¹⁹ методів (Mn, Cu, Zn, V, Fe) у лабораторії агрохімії (свідоцтво про технічну компетентність № МВ 09-2019 від 26 вересня 2019 р) Державного підприємства «Дослідне господарство “Мелітопольське” Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М.Ф. Сидоренка Інституту садівництва Національної академії аграрних наук України». Для з'ясування інтенсивності поглинання макро- й мікроелементів рослинами розраховували їхні коефіцієнти біологічного поглинання (далі – КБП) за формулою²⁰:

$$\text{КБП} = \frac{\text{вміст елемента в золі рослини (мг/кг)}}{\text{вміст елемента у ґрунті (мг/кг)}}$$

Результати досліджень були оброблені за допомогою методів варіаційної статистики з

Таблиця 1 – Агрохімічні показники лучно-чорноземного середньосуглинкового на лесоподібних суглинках ґрунту, середнє за 2019–2021 рр.

Агрохімічний показник	Значення	Оптимальний показник, максимально допустимі концентрації
Кислотність: обмінна $pH_{\text{сол}}$.	6,7±0,01	6,5–7,5 (за ДСТУ 4362:2004)
pH вод.	7,61±0,03	
Вміст в орному шарі органічних речовин (гумусу), %	4,76±0,03	4,0–5,0 (за ДСТУ 4362:2004)
Нітратний Нітроген, мг/кг	23,0±0,43	
Амонійний Нітроген, мг/кг	13,3±0,47	
Мінеральний Нітроген, мг/кг	36,3	30–45
Рухомий Фосфор, мг/кг	180,0±1,3	130–190
Обмінний Калій, мг/кг	340,0±1,4	90–350
Вміст обмінних катіонів Кальцій Ca^{2+} , ммоль/100 г	46,71±0,8	Сума обмінних катіонів – 25–30
Вміст обмінних катіонів Магній Mg^{2+} , ммоль/100 г	3,22±0,08	
Вміст обмінних катіонів Натрій Na^+ , ммоль/100 г	0,29±0,01	
Вміст обмінних катіонів Калій K^+ , ммоль/100 г	2,5±0,04	
Рухомі сполуки Феруму, мг/кг	2,2±0,01	–
Рухомі сполуки Мангану, мг/кг	36,9±0,02	80
Рухомі сполуки Купруму, мг/кг	0,3±0,01	3–4,3
Рухомі сполуки Цинку, мг/кг	11,4±0,03	6–7,23

використанням критерію Стьюдента. У таблицях наведено середні арифметичні величини (M) та їх помилки ($\pm m$). Зміни вважалися вірогідними за $p \leq 0,05^{21}$.

Результати

Встановлено, що ґрунт має нейтральну реакцію середовища, характеризується високим вмістом органічних речовин, рухомих форм Фосфору та обмінного Калію, середнім – мінерального Нітрогену, підвищеним – обмінного Ca^{2+} , низьким – обмінних катіонів Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , рухомих форм Феруму, Мангану, Купруму, Цинку та Кобальту (див. табл. 1). Вміст рухомих форм важких металів не перевищує максимально допустимі концентрації, тому небезпеки забруднення ними продукції немає.

Отримані експериментальні дані щодо елементного складу плодів *Lycopersicon esculentum* Mill. свідчать про наявність у них макро- (Нітроген, Кальцій, Магній, Калій, Фосфор) та мікроелементів (Ферум, Цинк, Купрум, Манган, Бор) (див. табл. 2). Встановлено, що за використання ОМД в технології вирощування помідора їстівного кількість Нітрогену та Фосфору у плодах збільшилася на 68,5% та 85,2%. Варто зазначити, що вміст рухомого Фосфору у ґрунті дослідних ділянок був у межах оптимального показника.

У результаті досліджень виявлено високий вміст Кальцію у плодах контрольного та дослідного варіантів. За впливу ОМД його кількість зросла на 12,6%. Надлишок Кальцію може блокувати надходження в рослини низки елементів, з якими Кальцій має антагоністичні відносини (насамперед це стосується Калію). Плоди помідора F1 Талент характеризуються середньою кількістю Калію, незважаючи на високий вміст обмінного K та низький вміст обмінного катіону K^+ у ґрунті. Плоди дослідного варіанту акумулюють на 28,3% елемента більше порівняно з контролем.

За впливу ОМД не виявлено статистично достовірної різниці за кількістю Магнію у плодах. Варто зазначити, що сума обмінних катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ у ґрунті була більшою порівняно з оптимальним показником, однак домінуючим катіоном серед зазначених виявився Ca^{2+} .

Загалом ряди макроелементів, розташованих у порядку зменшення їхніх концентрацій у тканинах плодів помідора їстівного гібриду F1 Талент контрольного та дослідного варіантів, мають такий вигляд: $K > N > Ca > Mg > P$ та $K > N > P > Ca > Mg$.

Концентраційні ряди розташування мікроелементів у плодах помідора їстівного гібриду F1 Талент контролю та дослідю мають послідовність $Fe > Cu > B > Zn > Mn$ та $Fe > Cu > Zn > B > Mn$ відповідно. Вищезазначені ряди відображають і функціональну роль кожного з досліджених хімічних елементів у забезпеченні процесів життєдіяльності помідора їстівного.

На основі розрахунку коефіцієнтів біологічного поглинання Нітрогену (КБП=41,0), Фосфору (КБП=1,29) і Калію (КБП=5,82) встановлено, що зазначені вище макроелементи акумулюються у плодах помідора їстівного.

КБП Феруму (0,97 у контролі та 0,87 у досліді), Цинку (0,078 у контролі та 0,098 у досліді) та Мангану (0,004 у контролі та 0,007 у досліді) вказують на те, що зазначені вище мікроелементи не накопичуються у плодах, а рослини томатів належать до їх деконцентраторів. Помідор їстівний акумулює у плодах Купрум. КБП Cu контрольного та дослідного варіантів становлять 4,3 та 4,7 відповідно, що характеризує томати як концентратора зазначеного елемента.

Лежкість плодів помідора їстівного оцінюється за співвідношенням кількості в них основних макроелементів. Співвідношення $(K+Mg)/Ca$, N/Ca та Ca/Mg у плодах дослідного варіанту порівняно з контролем зросло на 9,8%, 48,7% та 14,1%, проте не перевищило допустимий рівень (див. табл. 3).

Таблиця 2 – Вміст мінеральних елементів у плодах (*Lycopersicon esculentum* Mill.) гібриду першого покоління Талент за впливу ОМД (середнє за 2019–2021 рр.)

№	Назва елемента	Символ елемента	Кількість, мг/кг	
			контроль	дослід
1	Нітроген	N	1490,0 \pm 12	2510,0 \pm 14*
2	Кальцій	Ca	382,2 \pm 4,84	430,4 \pm 3,76*
3	Магній	Mg	361,4 \pm 3,92	356,2 \pm 3,86
4	Калій	K	1980,6 \pm 13	2540,8 \pm 16*
5	Фосфор	P	232,5 \pm 1,86	430,7 \pm 1,78*
6	Ферум	Fe	2,14 \pm 0,04	1,92 \pm 0,03*
7	Цинк	Zn	0,89 \pm 0,01	1,12 \pm 0,01*
8	Купрум	Cu	1,29 \pm 0,03	1,40 \pm 0,04
9	Манган	Mn	0,16 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01*
10	Бор	B	1,04 \pm 0,04	0,99 \pm 0,03

Примітка: * – дані статистично значущі за t-критерієм Стьюдента ($p \leq 0,05$)

Таблиця 3 – результати обчислення співвідношення основних макроелементів плодів помідора їстівного за впливу ОМД

Спів-відношення	Контроль	Дослід	Оптимум або допустимий рівень
(K+ Mg)/Ca	6,1	6,7	<5–20
N/Ca	3,9	5,8	≤10
Ca/Mg	1,06	1,21	≥1

Обговорення

Загалом ґрунт за якісними показниками придатний для вирощування помідора їстівного, оскільки культура віддає перевагу слабкокислим або нейтральним ґрунтам і є вимогливою до поживних речовин.

На накопичення елементів мінерального живлення в рослинах впливає кількість їх рухомих форм у ґрунті. Збільшення вмісту макро- (Нітрогену, Фосфору, Калію та Кальцію) та мікроелементів (Цинку, Купруму та Мангану) у плодах помідора їстівного дослідного варіанту вказує також на поліпшення мінерального живлення рослин за використання ОМД. Відомо, що внесення твердих ОМД сприяло підвищенню вмісту лабільної органічної речовини в чорноземі типовому у 2,2–2,4 рази^{22–24} порівняно з контролем, також зростав ступінь гуміфікації, спостерігалось збагачення Нітрогеном органічної речовини ґрунту. Вміст рухомих фосфатів в орному шарі ґрунту збільшувався на 14–23% за умов внесення органіко-мінеральних добрив уроzkид, за локального внесення – на 20–44%, вміст обмінного калію збільшувався на 23% та 70% відповідно. Таким чином, внесення ОМД добрив забезпечує культуру оптимальним живленням макроелементами впродовж вегетації.

Встановлено, що кількість макроелемента Нітрогену за впливу ОМД є середньою, тобто не перевищує допустимий рівень, оскільки це важливо для якості плодів томатів. У сухій масі рослин міститься від 1 до 5%. Нітроген є одним з основних елементів живлення, що необхідний для росту та розвитку рослин¹, проте його підвищений вміст у післязбиральний період є негативним фактором не лише з позиції надлишку азотовмісних речовин (зокрема, нітратів), а й може знизити стійкість плодів до грибкових захворювань та підвищити прояви фізіологічних розладів²⁵. Водночас сильне відхилення вмісту Нітрогену від оптимуму може свідчити про нестачу елемента для рослин упродовж вегетації та зумовити недоотримання маси плодів. Другим за вагомістю ключовим макроелементом після Нітрогену, що істотно впливає на процеси росту й розвитку рослин, є Фосфор²⁶. Його кількість у плодах, як і кількість

Калію, істотно зростала за використання в технології вирощування ОМД. Очевидно, це пов'язано з достатньою кількістю зазначених вище макроелементів у ґрунті.

Серед факторів, що визначають якість плодів, Кальцій вважається одним із найважливіших мінеральних елементів²⁷. Варто зазначити, що його концентрація у плодах є важливою характеристикою післязбиральної якості. З нестачею зазначеного елемента безпосередньо пов'язаний ризик прояву фізіологічних хвороб томату (верхівкова (апикальна) гниль плодів томатів, внутрішній некроз томатів, золотиста плямистість томатів тощо). Високий вміст Кальцію у плодах, найвірогідніше, є наслідком впливу ґрунтових умов (див. табл. 1), оскільки у ґрунті дослідних ділянок визначено високий вміст обмінного катіону Ca²⁺. Антагоністом Кальцію у рослинах є Магній. Відомо, що його концентрація в рослинах може коливатися від 0,5 до 1%²⁸. Основна його кількість зосереджена у хлоропластах, зокрема у складі хлорофілів¹. Низький вміст Магнію у плодах контрольного й дослідного варіантів можна пояснити тим, що для експериментів використовували дозрілі плоди, у яких хлоропласти перетворилися на хромопласти.

Нітроген, Фосфор і Калій є концентраторами, оскільки, згідно з класифікацією А.І. Перельмана, за КБП>1 елементи накопичуються в рослинах і їх можна віднести до концентраторів, а за КБН<1 тільки захоплюються, а отже, належать до деконцентраторів²⁰. Аналіз результатів співвідношення основних макроелементів плодів помідора їстівного показав, що застосування ОМД підвищує лежкість плодів.

У тканинах рослин виявлено понад 60 мікроелементів, проте лише 8 із них (Fe, Cu, Mn, Mo, B, Zn, Cl) є життєво необхідними. Мікроелементи входять в активні центри ферментів, беруть участь у метаболізмі, впливають на процеси росту, розвитку, розмноження, стійкість до несприятливих умов¹.

Аналіз концентрацій мікроелементів (Fe, Zn, Mn, Cu, B) у сухій речовині плодів рослин помідора їстівного показав, що найвищим у них є вміст Феруму. Використання ОМД у технології вирощування культури знижувало його кількість у плодах на 10,3%, сприяло акумуляції Цинку та Мангану, що на 25,8% та 56,2% відповідно більше порівняно з контролем. Не виявлено статистично достовірної різниці у значеннях концентрацій Купруму та Бору.

У ґрунті валовий вміст Феруму коливається від 1 до 10%, а в рослинах – 0,02–0,08%, тому він перебуває на межі між макро- й мікроелементами. Ферум (Fe) є найважливішим мікроелементом, що відповідає за нормальний ріст рослин, є структурним компонентом низки ферментів і пігментів²⁵.

У рослинах Ферум виконує також дуже важливі функції, зокрема забезпечує перенесення електронів у процесах дихання, фотосинтезу, відновлення Нітрогену, Сульфуру¹.

На кількість мікроелементів у сухій речовині плодів впливає вміст у ґрунті їх рухомих сполук та антагоністичні відносини між елементами: Кальцієм і Манганом²⁸, Ферумом та Манганом, Цинком і Манганом.

За дослідженнями вчених²⁹, на елементний склад плодів впливають також сортові особливості рослин помідора. Показано, що дослідні зразки помідорів відрізнялися значним вмістом мінеральних речовин. Вміст калію коливався в межах від 275 мг/100 г у сорті F4 (Геркулес Dark Green) до 300 мг/100 г у сортах Карась та Іскорка. Значний вміст кальцію та заліза виявлено в сорті Іришка (16 мг/100 г та 95 мг/100 г відповідно). Максимальний вміст магнію – у сорті Лагоранж (22 мг/100 г), мінімальний – у сортах Чайка та Малинове Віконте (18 мг/100 г). Значний вміст натрію виявлено в сорті Аміко та Карась (41 мг/100 г).

Варто зазначити, що замочування кореневої системи розсади в ОМД перед висаджуванням її у відкритий ґрунт сприяло підживленню рослин, прискорило процес приживання в польових умовах, що відповідно вплинуло на інтенсивність ростових процесів помідора їстівного. Рослини контрольного варіанту прижилися всі, проте морфометричні показники їх були нижчими. Шестиразове позакореневе підживлення ОМД протягом онтогенезу поліпшувало мінеральне живлення рослин. Це зумовило інтенсивніший ріст стебла, формування більшої кількості пагонів у кущі та листків³⁰, які є донором пластичних речовин, а отже, вплинуло на елементний склад плодів, які є їх акцептором.

Мінеральні речовини виконують важливі функції в організмі людини, однак не синтезуються. Збалансоване харчування з достатньою кількістю рослинних продуктів може задовольнити потребу в мінеральних речовинах і допомагає уникнути наслідків їх нестачі³¹.

Вміст мінеральних елементів у плодах помідора перебував у межах гранично допустимих концентрацій для сировини та харчових продуктів³². Незважаючи на їх важливість і поживну цінність, мікроелементи в разі накопичення у високих концентраціях проявляють токсичні властивості важких металів.

Висновки

Агрохімічні показники лучно-чорноземного середньосуглинкового на лесоподібних суглинках ґрунту дослідних ділянок сприяють формуванню плодів помідора їстівного хорошої якості. Вміст рухомих форм важких металів не перевищує максимального допустимого концентрації.

На основі проведених польових досліджень встановлено, що використання ОМД в технології вирощування *Lycopersicon esculentum* Mill. F1 Talent підвищувало вміст у плодах на 68,5% Нітрогену, на 12,6% Кальцію, на 28,3% Калію, на 85,2% Фосфору, на 25,8% Цинку, на 56,2% Мангану та знижувало на 10,3% Феруму. Кількість Купруму й Бору у плодах контрольного та дослідного варіантів перебувала на одному рівні, що вказує на індіферентний вплив ОМД на зазначені вище показники. Вміст мікроелементів не перевищує гранично допустимих концентрацій, вони не проявляють властивості важких металів, оскільки перебувають у межах норми.

За величиною КБП рослини помідора їстівного належать до концентраторів Нітрогену, Фосфору, Калію, Купруму та деконцентраторів Феруму, Цинку, Мангану.

За впливу ОМД не знижується лежкість ягід, плоди контрольного й дослідного варіантів помідора їстівного F1 Talent, вирощеного у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область), мають потенційну придатність до післязнімального зберігання.

Дослідження елементного складу рослин за впливу ОМД є перспективними та актуальними. Вони можуть пояснювати механізми фізіологічних процесів, метаболізму та акумуляції органічних речовин у плодах помідора їстівного, оскільки макро- й мікроелементи є їх складовими компонентами.

Література

- (1) Коць, С.Я.; Перерсон, Н.В. *Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин*; Логос, Київ, **2005**; 150 с.
- (2) Санін, Ю.В.; Санін, В.А.; Санін, О.Ю. Особливості позакореневого підживлення с/г культур мікроелементами. *Агроном* **2016**. Available from: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvostipozakor-enevogopidzhyvlennya-s-g-kultur-mikroelementamy/>.
- (3) Колупаєв, Ю.А.; Акініна, Г.Є. Вплив Ca²⁺ на компоненти системи антиоксидантного захисту в колеоптелях пшениці за умов теплового стресу. *Живлення рослин: теорія і практика: збірник наукових праць, присвячений 100-річчю від дня народження академіка АН УРСР та ВАСГНІЛ П.А. Власюка*; Логос, Київ, **2005**, с. 71–81.
- (4) Гументик, М.Я.; Гончарук, Г.С.; Гументик, В.М. Продуктивність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння ризомів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник* **2020**, 16 (1), 64–70. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.116.1.4.

- (5) Fernández-Ruiz, V.; Olives, A.I.; Cámara, M.; De Cortes Sánchez-Mata, M.; Esperanza Torija, M. Mineral and Trace Elements Content in 30 Accessions of Tomato Fruits (*Solanum lycopersicum* L.) and Wild Relatives (*Solanum pimpinellifolium* L., *Solanum cheesmaniae* L. Riley, and *Solanum habrochaites* S. Knapp & D.M. Spooner). *Biological Trace Element Research* **2011**, 141, 329–339.
- (6) Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку овочівництва на період до 2025 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1333-р. *Верховна Рада України: законодавство України* **2020**. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1333-2020-%D1%80#Text>.
- (7) Завадська О.В.; Пархомук Я.Р. Якість плодів помідора залежно від сорту та ступеня стиглості. *Modern Scientific Researches. Agriculture* **2019**, 9 (1), 88–91. DOI: 10.30889/2523-4692.2019-09-01-017.
- (8) Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. *Міністерство аграрної політики та продовольства України: вебсайт* **2021**. Available from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin>.
- (9) Дзендель, А.Ю.; Пида, С.В. Вплив рекультиванту композиційного *Trevitan*TM на продуктивність та якісний склад плодів помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Екологічні науки* **2022**, 4 (43), 107–112. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.17>.
- (10) Xin, Xu; Jinhang, Wang; Huihui, Wu; Qianhui, Yuan; Jiahui, Wang; Jun, Cui; Aijun, Lin. Effects of selenium fertilizer application and tomato varieties on tomato fruit quality: A meta-analysis. *Scientia Horticulturae* **2022**, 304, 111242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111242>.
- (11) Yuechen, Yan; Weihui, Xu; Yunlong, Hu; Renmao, Tian; Zhigang, Wang. *Bacillus velezensis* YUC promotes tomato growth and induces resistance against bacterial wilt. *Biological Control* **2022**, 172, 104977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104977>.
- (12) Cruz-Carrión, Á.; Calan, L.; Ruizde Azua, Ma.J.; Mena, P.; Del Rio, D.; Suárez, M.; Arola-Arnal, A. (Poly)phenolic composition of tomatoes from different growing locations and their absorption in rats: A comparative study. *Food Chemistry* **2022**, 388, 132984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132984>.
- (13) Сич, З.Д.; Сич, І.М. *Гармонія овочевої краси та користі*; Арістей, Київ, **2005**; 192 с.
- (14) Талант F1 насіння помідора детермінантного (*Esaset*). *Супермаркет насіння: вебсайт* **2022**. Available from: <https://semena.cc/uk/5405-talent-f1-semena-tomata-det-esaset.html>.
- (15) Про затвердження зразків заявок, що подаються суб'єктами господарювання на випробування та державну реєстрацію пестицидів та агрохімікатів: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 25 березня 2008 р. № 149. *Верховна Рада України: законодавство України* **2008**. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0389-08#Text>.
- (16) Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи. Технічні умови ТУ У 20Л-2292002437-003:2016 «Концентрована органічна добавка в надмалих масштабах з функцією тунелювання і самоорганізації “SMART” композит Марцінішин®» від 22 лютого 2016 р. № 05.03.02-07/4931.
- (17) Технічні умови ТУ У 20.1-2292002437-003:2016 «Концентрована органічна добавка в надмалих масштабах з функцією тунелювання і самоорганізації “SMART” композит Марцінішин®».
- (18) Радов, А.С.; Пустовой, И.В.; Корольков, А.В. *Практикум по агрохимии: учебное пособие для высших сельскохозяйственных заведений*; Агропромиздат, Москва, **1985**; 312 с.
- (19) Методи аналізів ґрунтів і рослин: методичний посібник; ред. Булигін, С.Ю. та ін.; Харків, **1999**; 157 с.
- (20) Перельман, А.И. *Геохимия*; Высшая школа, Москва, **1989**; 582 с.
- (21) Мельниченко, О.П.; Якименко, І.Л., Шевченко, Р.Л. *Статистична обробка експериментальних даних: навчальний посібник*; Біла Церква, **2006**; 34 с.
- (22) Скрильник, Є.В. Вплив органо-мінеральних добрив на агрохімічні та фізико-хімічні показники чорнозему типового. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»* **2009**, 1, 137–141.
- (23) Шувар, І.А.; Гнидюк, В.С.; Сендецький, В.М. Поліпшення родючості ґрунтів застосуванням органічних добрив і комплексних гумінових препаратів, виготовлених за новітніми технологіями. *Посібник українського хлібороба* **2016**, 1, 195–201.
- (24) Кисель, В.И. *Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы*; Штрих, Харьков, **2000**; 162 с.
- (25) Ушкаренко, В.О.; Минкін, М.В.; Берднікова, О.Г. Формування продуктивності гібридного томата СХД-277 залежно від мінерального живлення в умовах зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник* **2018**, 100 (2), 105–111.
- (26) Ávila-Juárez, L.; Torres-Pacheco, I.; Ocampo-Velázquez, R.V.; Feregrino-Pérez, A.A.; Cruz Hernández, A.; Guevara-González, R.G. Integrating plant nutrients and elicitors for production of secondary

- metabolites, sustainable crop production and human health: A review. *International Journal of Agriculture & Biology* **2017**, 19, 391–402. DOI: 10.17957/IJAB/15.0297.
- (27) El-Badawy, H.E.M. Effect of chitosan and calcium chloride spraying on fruits quality of Florida prince. *Agric. Biol. Sci.* **2012**, 8, 272–281.
- (28) Лихочвор, В.В.; Демчишин, А.М. Роль кальція и магния при интенсивном земледелии. *Пропозиція* **2016**, 1. Available from: <https://propozitsiya.com/rol-kalciya-i-magniya-pri-intensivnom-zemledelii>.
- (29) Валько, М.І.; Стоянова, О.В.; Короленко, В.А.; Валько, П.М.; Ільющенков, І.В. Розроблення блок-схеми виробництва томатного кетчупу на основі концентрованих томатопродуктів. *Вісник Херсонського національного технічного університету* **2018**, 1(64), 103–108.
- (30) Дзендзель, А.Ю.; Пида, С.В. Регуляція морфогенезу рослин помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.) органо-мінеральним добривом «Smart» композит Марцінішин. *Věda a perspektivy* **2022**, 7 (14), 305–316. DOI: [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-7\(14\)-305-316](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-7(14)-305-316).
- (31) Шиморова, Ю.Є.; Кисличенко, В.С.; Кузнецова, В.Ю. Мінеральний склад коренеплодів та плодів пастернаку посівного (*Pastinaca sativa* L.). *Медична та клінічна хімія* **2017**, 19 (2), 101–104. DOI: 10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i2.7976.
- (32) Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13 травня 2013 р. № 368. *Верховна Рада України: законодавство України* **2013**. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#Text.2013>.