УДК 635.261:581.43 DOI: 10.33730/2310-4678.2.2023.282753

КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ МАКРОЕЛЕМЕНТА ФОСФОРУ В СУБСТРАТІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ТОМАТІВ В УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Л.П. Морозова
кандидат хімічних наук, старший викладач
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)
e-mail: lubovmorozova1982@gmail.com;
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9284-7951

Хоча більшість томатів вирощують у відкритому ґрунті, їх культивування у скляних теплицях або теплицях тунельного типу, вкритих пластиковою плівкою, стає все більш поширеним для забезпечення місцевих ринків свіжими плодами. У закритому ґрунті вирощують переважно високорослі сорти томатів. Вони дозволяють максимально ефективно використовувати площу теплиць і отримувати багаті врожаї. Томати, що вирощуються в теплицях, можуть зберігатися протягом 11 місяців, на відміну від тих, що вирощуються на відкритому ґрунті. Томати зазвичай збирають у недостиглому вигляді, і дозрівають вони вже під час транспортування або на полицях магазинів. Різні види томатів, які вирощуються в теплицях, як правило, мають більш тривалий термін зберігання, кращий смак та вищу ринкову вартість, на відміну від тих, що вирощуються у відкритому ґрунті. Зазвичай, рослини приєднуються до опор за допомогою одного дроту, при цьому зайві бічні пагони (пасинки) видаляються таким чином, щоб залишилося одне стебло. Висоту кущів томатів можна поступово зменшувати для зручності відразу після дозрівання перших грон томатів. Пагони та суцвіття видаляються для збільшення довжини куща томатів, кількості плодів на ньому та їхньої ваги з метою задоволення потреб ринку. Смак, колір, форма та текстура — це надзвичайно важливі критерії оцінки якості свіжих томатів. Також плоди повинні бути чистими та не містити ознак гниття чи хвороб. Свіжі томати повинні бути однаковими за формою, симетрією та розміром. Вони повинні мати яскравий та однорідний колір, не містити зелених плечей, плям і характерних ознак недозрілості. У теплицях підтримуються високі концентрації вуглекислого газу (600–1000 ppm) для покращення процесу фотосинтезу, швидкості росту та врожайності. Подібна практика дуже часто використовується в регіонах із низькою врожайністю та системах інтенсивного сільськогосподарського виробництва. Хоча висадка томатів у ґрунт у теплицях тунельного типу все ще досить поширена, більшість сортів тепличних томатів інтенсивного типу вирощують на субстратах, таких як мінеральна вата. Фертигація забезпечує належне живлення поживними речовинами та виключає більшість факторів, що пов'язані з особливостями важких ґрунтів і які важко контролювати. Вирощування томатів у теплицях потребує використання значної кількості води. Для підживлення томатів їх виробникам потрібно також враховувати масу та ступінь розчинності мінеральних добрив у воді. Деякі елементи або сполуки, присутні в зрошувальній воді, можуть впливати на ріст рослин, саме тому існує необхідність у контролі за їх рівнем. У роботі досліджено вплив концентрації макроелемента фосфору в субстраті з мінеральної вати на ріст і розвиток культури томата сорту Розалєтта (рожеві) у період масового плодоношення в умовах захищеного ґрунту. Встановлено, що фотоелектроколориметричний метод визначення вмісту фосфору у витяжках із мінеральної вати досить чутливий, простий і рекомендується до використання в серійних аналізах. Визначене середнє значення вмісту макроелементу фосфору (50,0 мг/л) виявилося вищим від того, яке необхідне для вирощування томатів у період масового плодоношення. Контроль вмісту фосфору дозволяє значною мірою попередити хвороби томатів і отримувати високоякісні врожаї.

Ключові слова: *хімічний склад, теплиця, гідропоніка, елементи живлення, поживний розчин, фотоелектроколориметрія.*

ВСТУП

Томат, або помідор (*Lycopersicon*) — рослина сімейства Пасльонових (*Solanacaea*), овочева культура. У 1519 році конкістадор Фернандо Кортес уперше побачив яскраво-червоний плід у садах Монтесуми. Під враженням він привіз насіння томата в Європу, де його почали вирощувати як декоративну рослину. У Франції томат називали "яблуком кохання" (*pomme d'amour*), оскільки вважалося, що він має властивості афродізіака. Латинську назву томата, *Lycopersicum esculent*, було введено французь-

ким ботаніком Жозефом Піттон де Турнефор в XVII столітті, і означала вона "вовчий персик". Круглий і соковитий плід томата помилково прирівнювався до ягодів беладони і вважався отруйним — звідси й назва. Томат, в свою чергу, походить від іспанського *tomate* — похідного від стародавнього ацтекського слова *tomatl*. Назва помідор до нас прийшло з італійської мови, "золоте яблуко" — *pomo d'oro*, оскільки, ймовірно, спочатку в Європі використовувалися жовті сорти плода. Першою країною, яка почала культивувати томати, стала Італія. З погляду ботаніки плоди томата вважаються ягодами, але в побуті й за способом їх використання здавна зайняли свою позицію серед овочів [1].

Існують сотні видів помідорів — маленькі черрі розміром із виноградину, величезні томати "волове серце" вагою в 600–800 г, соковиті для салатів і м'ясисті для пасти, кампарі і "вершки", — це лише найвідоміші з безлічі сортів. Колір плоду, крім червоного, може варіюватися від білого, помаранчевого, жовтого, зеленого до фіолетового й шоколадного [2].

Томат має свої біологічні характеристики. Рослина може бути однорічною або багаторічною. Однорічний кущ досягає висоти 60–90 сантиметрів, на кінчиках гілок замість листів — бруньки. Плоди дозрівають, як правило, усі відразу, а після дозрівання рослина вмирає. Багаторічний томат — витка рослина, яка вимагає підтримки за допомогою кілків або клітки. Такий помідор буде плодоносити доти, поки не замерзне. Плід зазвичай дозріває пізніше, ніж у однорічної рослини, але загалом приносить більший урожай. Квітка, як правило, знаходиться на головних гілках. Висота досягає 1,5–3 метра, за умови, що рослина постійно підтримується і в'ється.

Томат — теплолюбива посухостійка рослина, вимоглива до родючості ґрунту. Потреба до вологи залежить від фази розвитку рослин (сходи — зав'язування плодів — 70–80%, масове плодоутворення — 80–85%, завершення плодоутворення — 70%) [3].

Культура томата має широке практичне використання. Помідори широко використовуються в кулінарії. Вони застосовуються як інгредієнт у закусках, перших і других стравах, салатах — як у сирому, так і в готовому вигляді. З томата готують салати, томатні супи, соуси, піцу і пасту з томатною заправкою.

Томати успішно використовують для приготування різних видів консервів. Плоди містять значну кількість кислоти, що дає можливість при виготовленні консервів обмежитися стерилізацією їх у киплячій воді. Залежно від того, якого смаку бажає домогтися господиня, помідори можна маринувати, солити, варити солодкий соус, сік або компот. Як правило, у будь-якому вигляді консервування використовується цукор, сіль, оцет, лимонна кислота і всілякі спеції. За правильної заготівлі продукт може зберігатися в темному прохолодному місці протягом декількох років. Ці консервації завжди є відмінним доповненням до гарнірів, м'яса, риби, салатів і самостійною закускою. Найвідомішим продуктом із томатів є кетчуп — солодкий помідорний соус із додаванням приправ [4].

Дієтологи цінують томати передусім за все за їх корисні й лікувальні властивості. До їх складу входять цукри (переважно фруктоза і глюкоза), мінеральні солі (йод, калій, фосфор, бор, магній, натрій, марганець, кальцій, залізо, мідь, цинк). Помідори також багаті вітамінами A, B, B_2, B_6, C, E, K, P, бета-каротином. У томатах містяться органічні кислоти й потужний антиоксидант лікопін, здатний запобігати раку передміхурової залози, шийки матки, припинити ділення клітин пухлини й мутації ДНК, знизити ризик розвитку серцево-судинних захворювань. У термічно оброблених томатах лікопіну ще більше, ніж у сирих, тому готові томати часто рекомендуються дієтологами. Томати регулюють роботу нервової системи, мають протизапальний і антибактеріальний ефект, покращують метаболізм і травлення, допомагають при астенії і атеросклерозі, а також є хорошим сечогінним засобом при хворобах нирок і сечового міхура. У томатах представлено багато органічних кислот, особливо яблучної і лимонної. Солі органічних кислот у процесі засвоєння залишають в організмі значний запас лужних мінеральних компонентів і таким чином сприяють підвищенню лужності організму та запобіганню кислотних зрушень. Томати підтримують в організмі необхідний кислотно-лужний баланс. Невисокий вміст пуринів у помідорах є важливою ланкою в структурі безпуринового харчування для профілактики атеросклерозу. У томатах міститься фолієва кислота, яка відіграє важливу роль у кровотворенні, а також сприяє утворенню в організмі холіну — речовини, яка нормалізує холестериновий обмін. Отже, помідори можуть широко використовуватися в харчуванні людей зрілого та похилого віку, а також хворих із порушеним обміном сечової кислоти (подагра) [5].

Біологічною особливістю помідора є і те, що він розмножується як насінням, так і вегетативним способом — частками стебел і пагонами. Вони добре вкорінюються у вологому ґрунті. У них розвивається мичкувата коренева система.

Томат — теплолюбива культура. Насіння його за температури 25–30°С проростає протягом 3–5 діб. При зниженні температури ґрунту

до 13°С на глибині загортання насіння сходи з'являються лише через 17–22 дні. Після з'явлення повних сходів на ріст і розвиток рослин позитивно впливає зниження температури на 3–4 доби (вдень — до 12–15°С, а вночі — до 8–10°С). Це сприяє більш швидкому росту й розвитку кореневої системи і формуванню компактних (невитягнутих) добре облистнених рослин. У фазі першого справжнього листка (20–25-денного віку) сіянці пікірують до сім'ядолей у торфоперегнійні та насипні горщики розміром 6×6, 8×8 та 10×10 см або в касети [6].

Відразу після пікірування сіянці поливають водою з температурою не нижче 18–20°С. При вирощуванні розсади в парниках і плівкових теплицях сіянці можна пікірувати у ґрунт споруди із шириною міжрядь 6–7 см і в рядку 5–6 см. У сонячні дні протягом 2–3 днів сіянці захищають від надмірного сонячного опромінення, щоб вони не прив'яли. При безпікіровочному способі вирощування розсади насіння висівають у парники і теплиці на грядки з міжряддям 6–7 см, а у фазі 1–2 справжніх листків рослини проривають на відстані 5–6 см [7].

Під час свого росту й розвитку томати мають свої особливості догляду. Томат — культура дуже вимоглива до світла, особливо в розсадний період та у фазі цвітіння. При недостатньому освітленні сіянці витягуються, листки ростуть дрібними, світло-зеленого забарвлення. Зниження інтенсивності освітлення на 25 і 50% від природного денного при вирощуванні розсади помідора зменшує кількість квіток, чашолистків у суцвіттях і камер у плоді. Нестача ж освітлення у фазі цвітіння призводить до значного опадання квітів. Мінімальна інтенсивність світла, при якій можливий вегетативний ріст рослин, становить 2–3 тис. лк. Для формування бутонів і переходу до цвітіння вона повинна бути не нижче 4–5 тис. лк, а для безперервного розвитку та плодоношення — не нижче 10 тис. лк. Оптимальною інтенсивністю освітлення для рослин помідора є 20–35 тис. лк залежно від фази росту й розвитку, тривалості освітлення і сортових особливостей. Надмірна освітленість також негативно впливає на рослини. Так, при збільшенні інтенсивності освітлення (більше 40 тис. лк) листки помідора жовтіють і опадають [8].

Протягом вегетації потреба рослин у воді неоднакова. Найбільша вимога в них до вологості субстрату проявляється під час проростання насіння. При недостатній вологості субстрату після висаджування розсади на постійне місце вирощування рослини погано приживаються, затримується відновлення кореневої системи, а відповідно, і продуктивність їх знижується. Нестача вологи в субстаті з часу від початку зав'язування до дозрівання плодів призводить до затримання росту рослин, опадання квітів, зниження середньої маси й урожайності плодів, тому вологість субстрату в період плодоношення підвищують до 80%. Оптимальна вологість субстрату при вирощуванні помідора — 70–80%.

Після висаджування розсади в субстат дози азоту збільшують до рівня фосфорно-калійного живлення. У подальшому (до утворення плодів на першій китиці) рослини помідора потребують помірного азотного живлення і посиленого фосфорного. У період формування плодів на перших трьох китицях для помідора необхідне посилене азотне живлення, а при їх дозріванні — калійне. Формуючи врожай, рослини виносять із ґрунту поживні елементи. Середній винос їх на 10 т продукції становить: азоту — 33 кг, фосфору — 13,0, калію — 45,3, кальцію — 44, магнію — 8 кг. Незважаючи на те, що помідор виносить із субстрату фосфору у 2,9 рази менше, ніж азоту, і в 4 рази менше, ніж калію, він швидко реагує на його нестачу, особливо в розсадний період і під час формування репродуктивних органів [9].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Стратегічним завданням нового XXI століття є прискорене зростання виробництва сільськогосподарської продукції, в тому числі і збільшення виробництва овочевої екологічно безпечної продукції в позасезонний період. Саме теплиці забезпечують населення доступною та високоякісною продукцією в позасезонний період за рахунок створення найкращих умов мікроклімату. Урожайність у теплицях на порядок вища, а терміни надходження продукції практично цілорічні з урахуванням географії вирощування та світлокультури. А широке застосування біологічного методу захисту рослин дозволяє отримувати екологічно безпечну, безпестицидну продукцію високої якості [10].

Починаючи з 90-х років минулого століття ефективність роботи галузі захищеного ґрунту в Україні почала знижуватися, головним чином у зв'язку зі значним підвищенням цін на енергоносії за одночасного відставання цін на овочеву продукцію. Припинилося зростання врожайності, в деяких тепличних комбінатах вона стала катастрофічно низькою. Поряд з економічними причинами існував комплекс технологічних чинників, таких як: фізичне та моральне зношування культиваційних споруд, застаріла технологія вирощування на ґрунтах томатів, накопичення хвороб і шкідників, низький рівень організації виробництва та підготовки кадрів [11].

Останніми роками змінилися підходи до технології вирощування рослин. Щоб отримати

максимальну продуктивність, треба навчитися керувати їх ростом і розвитком. При цьому найважливішим резервом зростання врожайності є найбільш повна реалізація потенційної продуктивності гібридів, що обробляються, ефективне використання умов вирощування, а також підбір гібридів, адаптованих до сучасних умов вирощування [12].

У зв'язку із цим наукові дослідження, присвячені агробіологічному обґрунтуванню та оптимізації факторів, що забезпечують високу продуктивність вітчизняних гібридів томату в зимових теплицях, є дуже актуальними.

У роботах [13; 14; 15] досліджено роль макроелементів калію, кальцію та магнію для росту й розвитку томатів при вирощуванні їх в умовах захищеного ґрунту, що спонукало до подальшого вивчення ролі інших хімічних елементів на різні фізіологічні процеси в рослинному організмі.

Метою нашої статті було визначення вмісту макроелемента фосфору у витяжках із мінеральної вати, на якій зростають рослини томата, та охарактеризувати вплив концентрації цього елемента живлення на ріст та розвиток томатів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження були обрані томати сорту Розалєтта (рожеві плоди) у період масового плодоношення (після 12-ї китиці). Підживлення томатів здійснювали згідно з рецептом, наведеним у *таблиці 1.*

Таблиця 1

Маточний розчин для поливу томатів сорту Розалєтта у період масового плодоношення

Бак А (кг/1м³)	Бак Б (кг/1м³)
$Ca(NO_3)_2$ — 95,0 KNO_3 — 21,4 HNO_3 — 0,3–0,5 л Хелат Fe (11%) — 0,76	HNO_3 (57%) — 32,4 л pH=5,5 KNO_3 — 3,9 KH_2PO_4 — 20,4 K_2SO_4 — 39,2 $MgSO_4$ — 52,9 Мікроелементи: г/м³ $MnSO_4$ (32%) — 174 $ZnSO_4$ (23%) — 123 Бура (15%) — 80 $CuSO_4$ (25%) — 19 Молібдат Na (40%) — 12

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Відбір проб на вміст поживних елементів відбувався протягом тижня (щодня, шість днів поспіль).

Кількісний вміст фосфору визначали у витяжках із мінеральної вати за допомогою методу фотоелектроколориметрії згідно з методикою, наведеною в [16].

Найпоширенішими в Україні є методи визначення рухомого фосфору, запропоновані Кірсановим, Чиріковим, Мачигіним, які в агрохімічній службі затверджені як стандартні.

У результаті взаємодії ортофосфатів із молібдатом амонію в кислому середовищі з pH 0,8–0,95 утворюється забарвлена в жовтий колір фосфорномолібденова гетерополікислота $H_3[P(Mo_3O_{10})_4]$, у якій чотири атоми кисню ортофосфату заміщуються на групи Mo_3O_{10}:

$$H_3PO_4 + 12(NH_4)MoO_4 + 24HNO_3 =$$
$$= H_3[P(Mo_3O_{10})_4] + 24NH_4NO_3 + 12H_2O. \quad (1)$$

При дії відновника, наприклад сульфіту, молібден (VI) у гетерополікислоті відновлюється до середнього ступеня окиснення +5,5, який відповідає суміші еквівалентних кількостей Mo (VI) та Mo (V). Внаслідок цього утворюється сполука синього кольору — "молібденова синь". Інтенсивність забарвлення розчину пропорційна концентрації фосфору, який знаходиться за градуювальним графіком, побудованим на основі стандартного розчину фосфату.

Для проведення експерименту були використані наступні необхідні реактиви і прилади:

1. Фотоелектроколориметр КФК-3.

2. Приготування реактиву "А":

а) 5Н розчин сульфатної кислоти. Налити в мірну колбу на 1 л 500–600 мл води й поступово, помішуючи, влити 140 мл концентрованої сульфатної кислоти (ρ=1,84 г/мл), охолодити й довести дистильованою водою до мітки;

б) 12 г молібденовокислого амонію розчинити у 200 мл гарячої дистильованої води й охолодити;

в) 0,2808 г сурм'яновиннокислого калію розчинити в 100 мл теплої дистильованої води і охолодити.

Один літр реактиву "а" поміщають у колбу на 2 л, приливають поступово, ретельно перемішуючи, реактив "б", а потім — реактив "в". Розчин перемішують і доводять до мітки дистильованою водою.

3. Приготування реактиву "Б". Реактив "Б" готують із реактиву "А" шляхом розведення, у день аналізу у відповідності із числом аналізованих зразків:

а) у мірну колбу на 1 л поміщають 168 мл реактиву "А", додають 0,887 г аскорбінової кислоти й доводять об'єм розчину дистильованою водою до мітки;

б) 1 мл досліджуваного розчину поміщають у мірну колбу на 100 мл, додають 45 мл

реактиву "Б", об'єм розчину доводять до мітки дистильованою водою. Колориметрують через 10–15 хвилин і за одержаними даними будують калібрувальний графік.

4. Стандартний розчин Р 0,2 мг/мл. Для побудови калібрувального графіка використовують розчин Р 0,02 мг/мл.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Фосфорні добрива відіграють одну з ключових ролей у розвитку рослин, у тому числі й томатів. Вони дають енергію, необхідну для обмінних процесів. У результаті томати краще ростуть, формують міцну кореневу систему, зелену масу, утворюють якісне насіння, а також добре плодоносять. Характерною особливістю фосфору є те, що рослини беруть із ґрунту тільки необхідну кількість добрива. Перевищення дозування при внесенні не стане згубним, а ось недолік фосфору призведе до зупинки всіх процесів розвитку [17].

Ознаками того, що томатам не вистачає фосфору, є:

- забарвлення листя в фіолетовий колір;
- зміна форми листя з подальшим їх обпаданням;
- поява плям темного кольору на нижніх листках куща;
- пригнічення росту культур, у результаті чого кущі ростуть низькі; слабка коренева система погано утримує рослини в ґрунті (*рис. 1*).

Такі прояви можуть з'явитися після гарту розсади або різкого стрибка температури.

Рис. 1. Ознаки нестачі фосфору в томатах
Джерело: [18].

Трапляються випадки, що під час похолодання листя може поміняти свій колір, але як тільки потеплішає, колір відновлюється [18].

Фосфор (Р) є ключовим елементом, без якого життєдіяльність рослин неможлива. Він контролює всі обмінні, репродуктивні та енергетичні процеси, дихання та синтез вуглеводів (цукрів, крохмалів). Фосфор необхідний томатам у меншій кількості, ніж азот та калій, але його наявність у ґрунті та тканинах рослини потрібен весь період вегетації.

Під час проростання насіння елемент впливає на інтенсивність появи сходів та їх подальший розвиток. Прискорює формування кореневої системи томатів. Завдяки цьому посадки краще засвоюють воду та поживні речовини з ґрунту, швидше нарощують надземну масу.

При статку цього елемента всі обмінні процеси протікають у помідорів швидше. Вони добре ростуть і розвиваються, вчасно зав'язують плоди, збільшується кількість та якість урожаю. Він сприяє економному витрачанню вологи, підвищує стійкість томатів до посухи.

Основну частину фосфору томати використовують у перші фази зростання, накопичуючи його у своїх тканинах про запас. Після цього відбувається реутилізація — повторне використання мінералу для утворення нових органів і точок зростання.

Фосфор врівноважує вміст азоту в рослинах, запобігає негативному впливу надлишку цього елемента. Потреба томатів у ньому підвищується при низьких температурах повітря та ґрунту, поганому освітленні та підвищеній відносній вологості навколишнього середовища.

Нестача цього елемента в томатів може стати справжньою катастрофою. Навіть при незначній його нестачі в помідорів затримується ріст, цвітіння, зав'язь плодів, погіршуються процеси дихання та обмін речовин. Фосфорне голодування на початку вегетації стає сильним стресом для рослин. Відновити їх дуже складно, а в деяких випадках і неможливо [19].

Фосфор — елемент енергетичного забезпечення. Він активізує ріст кореневої системи і закладання генеративних органів, прискорює розвиток усіх процесів, підвищує холодостійкість, підвищує стійкість до механічних пошкоджень і покращує збереження плодів, збільшує опірність до кореневої гнилі та інших хвороб. Фосфор споживається помідорами в 5 разів менше, ніж азот, але має винятково важливе значення для плодоутворення і розвитку кореневої системи. Зважаючи, що генеративні органи перших кистей у помідорів починають формуватися рано, у фазі шостого–восьмого цього листа, підживлення помідорів легкороз-

чинними фосфорнокислими добривами особливо ефективне в період вирощування розсади.

Коли настає процес вегетації, фосфор засвоюється рослинами і виходить із субстрату разом з урожаєм, деяка частина цього елемента вивільняється природним шляхом. Таким чином, якщо не обробляти субстрат фосфорними добривами, його запаси знижуються і гарного врожаю не доводиться чекати [20].

Монокалій фосфат (МКР) KH_2PO_4 — високоякісне добриво у вигляді білих кристалів, повністю водорозчинне, розсипчасте та призначене для використання в системах крапельного зрошення та позакореневого підживлення, є одним із найбільш концентрованих фосфорно-калійних добрив (*рис. 2*).

Добриво складається з двох поживних речовин: фосфору (52% P_2O_5) та калію (34% K_2O). Чистота продукту дозволяє обом елементам легко бути поглинутими рослиною. МКР має низький сольовий індекс, що робить його ідеальним добривом для фертигації. Відсутність азоту в складі добрива дозволяє застосовувати МКР у всіх системах овочівництва та садівництва [17].

Головними перевагами застосування МКР для підживлення томатів у захищеному ґрунті є наступні:

- МКР має високу розчинність (213 г/л при 20°С). Значення електропровідності Ес низьке (0,8 ms/см), що робить МКР ідеальним продуктом для всіх систем живлення;
- МКР (KH_2PO_4) — висококонцентроване добриво (P_2O_5 — 52%, K_2O — 34%);
- максимальна гнучкість при сумісному використанні з азотними добривами — може бути використаний у комбінації з будь-якими азотовмісними добривами;
- відмінне стартове добриво, стимулює цвітіння;
- ідеальний буфер для робочого розчину;
- МКР — це чистий продукт для гідропонних систем і безпечний продукт для крапельного зрошення захищеного ґрунту;
- висока чистота добрива (не містить домішок). МКР не містить солей Cl^- і Na^+ та іонів важких металів;
- при позакореневому використанні МКР може зменшити ураження борошнистою росою на культурі томата. МКР може бути легко змішаний з іншими позакореневими добривами, карбамідом чи нітратом калію;
- МКР складається з фосфору та калію. Калій грає важливу роль у синтезі та транспортуванні цукрів, крохмалю та кислот. Покращує якість плодів та лежкість. Фосфор стимулює розвиток кореневої системи та покращує цвітіння;

Рис. 2. Монокалій фосфат (МКР)
Джерело: [17].

- МКР може бути змішаний із пестицидами як підкислюючий буферний агент, має pH 5 (±0,5), що покращує якість води та підвищує ефективність застосування пестицидів.

Добриво має оптимальне співвідношення калію та фосфору. Застосовується для максимального плодоношення і підвищення стійкості рослин до хвороб і шкідників. Сприяє утворенню додаткових бічних квітконосів, легко засвоюється рослинами, покращує визрівання пагонів. Монокалій фосфат можна використовувати для більш рясного цвітіння, зменшення опадання зав'язі і кращого плодоношення томатів.

Застосування МКР має певні особливості:

- у субстраті не накопичується, а швидко розпадається;
- підживлення робляться тільки за допомогою розчинів;
- дуже сильно вбирає вологу (гігроскопічний), а намоклий втрачає свої властивості;
- найбільш ефективний у теплу пору року, коли не жарко й помірно волого;
- ефективний у теплицях при достатньому освітленні й регулярному провітрюванні;
- використовується тільки відразу, готовий розчин зберіганню не підлягає [21].

Оптимальний уміст фосфору в субстраті становить від 21,7 до 62,0 мг/л. Згідно з літературними джерелами, дані щодо вмісту фосфору в субстраті з мінеральної вати в різні періоди росту томата наведені в *таблиці 2*.

Під час проведення серії дослідів був визначений вміст фосфору у витяжках із мінеральної вати.

Дані щодо вмісту фосфору в субстраті з мінеральної вати наведені в *таблиці 3*.

Згідно з отриманими даними, загальна концентрація солей (Ес) та реакція середовища розчину (pH) у досліджуваних витяжках виявилася в межах норми, що відповідає періоду росту "G" томата. Визначена середня концент-

Таблиця 2

Вимоги щодо вмісту фосфору в субстраті з мінеральної вати в різні періоди росту томата

№	Показник	Період росту						
		A	B	C	D	E	F	G
1	Ec	2,44	2,38	2,57	2,54	2,55	2,56	2,59
2	pH	5,5	5,3	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
3	P, мг/л	40	40	50	50	50	50	40

Джерело: сформовано автором на основі [22].

Примітка: A — стандарт; B — просочення матів; C — від 1 до 3 китиці; D — від 3 до 5 китиці; E — від 5 до 10 китиці; F — від 10 до 12 китиці; G — масове плодоношення.

Таблиця 3

Кількісний вміст магнію, мг/л для томата у витяжці з мінеральної вати

№	Показник	Допустимий рівень		Дата відбору проби						Середнє значення
		низький	високий	19.09	20.09	21.09	22.09	23.09	24.09	
1	pH	5,0	6,5	5,63	5,87	6,08	6,40	5,95	6,12	6,01
2	Ec, мСм/см	2,5	5,0	4,96	5,01	4,87	4,43	4,68	4,77	4,79
3	P, мг/л	21,7	62,0	58,0	60,0	50,0	42,0	44,0	46,0	50,0

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

рація фосфору у витяжках виявилася рівною 50,0 мг/л і вищою від тієї, яка відповідає періоду росту "G" томата (>40 мг/л). Протягом проведення експерименту не було виявлено значних відхилень значень pH і Ec від допустимого рівня у витяжках.

Високі значення pH були усунені шляхом збільшення кількості нітратної кислоти в поживному розчині. На момент проведення експерименту не було зафіксовано видимих ознак нестачі фосфору в рослинах, що було забезпечено за допомогою належного рівня добрива монокалію фосфату в поживному розчині.

Таким чином, регулюючи рівень фосфорного живлення томатів, можна значною мірою впливати на їх продуктивність та якість одержуваної продукції.

ВИСНОВКИ

Фотоелектроколориметричний метод для аналізу витяжок із мінеральної вати досить чутливий, простий і рекомендується до використання в серійних аналізах. Контроль вмісту фосфору дозволяє значною мірою знизити розвиток хвороб томатів, зокрема ураження борошнистою росою, і отримувати високоякісний врожай томатів. Визначений вміст солей фосфору у витяжках із мінеральної вати (50,0 мг/л) виявився достатнім для вирощування томатів у період масового плодоношення.

Шляхом регулярного проведення аналізів необхідно слідкувати за змінами вмісту елементів живлення. Якщо результати аналізу виявлять дефіцит або надлишок якогось елемента, тоді проводять коригування складу поживного розчину.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев Ю.М. Овощеводство. М.: Профобриздат, 2002. 256 с.
2. Ващенко С.Ф. Требования к тепличным сортам томата и методика их оценки. Л. 1978. 72 с.
3. Боос Г.В. Овощные культуры в закрытом грунте. Л.: Колос, 1968. С. 141–196.
4. Головешкин В.Г., Голубев М.В., Никифоров А.М. Малообъемная технология томата. *Плодоовощное хозяйство*. 1987. № 7. С. 21–24.
5. Криницький Г.Т., Заїка В.К., Гут Р.Т., та ін. Фізіологія рослин. Практикум.: підручник. Львів, 2011. 328 с.
6. Алпатьев А.В., Сокол П.Ф., Агапов А.С. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М.: ВНИИССОК, 1986. 112 с.
7. Гунар И.И., Каспшик М., Крастина Е.Е. Реакция томата на перерывы светлого и темного периодов в разные часы суток. *Изв. ТСХА*. 1960. Вып. 1. № 2. С. 98–102.
8. Андреева Е.Н., Морев В.В. Реакция разных сортов томата на пониженную освещенность. Сб. науч. тр.: Экологические особенности овощных культур и разработка агротехнических элементов технологии их выращивания. М. 1984. С. 45–49.

9. Алексашин В.И., Андреева Р.А., Антонов Ю.П. и др. Овощеводство открытого грунта. Под. ред. В.Ф. Велика. М.: Колос. 1984. 336 с.
10. Гавриш С.Ф. Гибриды F_1 томата для интенсивных технологий. *Гавриш.* 2003. № 5. С. 2–3.
11. Гавриш С.Ф. Новые индетерминантные гибриды томата селекции Агрофирмы "Гавриш" для остекленных и пленочных теплиц. *Гавриш.* 2007. № 4. С. 2–4.
12. Гавриш С.Ф. Новинки селекции тепличного томата. *Гавриш.* 2008. № 6. С. 3–6.
13. Morozova L. Control of potassium concentration in fertilizing tomatoes in protected soil. *Sciences of Europe.* 2021. Vol. 3. № 64. P. 21–26. URL: https://www.europe-science.com/wp-content/uploads/2021/02/VOL-3-No-64-2021.pdf (дата звернення: 20.02.2022).
14. Morozova L. The role of calcium ions in the prevention of riding mold of tomatoes in protected soil. *Sciences of Europe.* 2021. Vol. 2. № 66. P. 12–17. URL: https://www.europe-science.com/wp-content/uploads/2021/03/VOL-2-No-66-2021.pdf (дата звернення: 20.02.2022).
15. Морозова Л.П. Роль іонів магнію для росту і розвитку томатів при вирощуванні в умовах захищеного ґрунту. *Збалансоване природокористування.* 2022. № 4. С. 112–118. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2022.275039
16. Найдун С.Н., Юрин В.М. Минеральное питание растений. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов. М.: БГУ, 2004. 47 с.
17. Хацевич О.М., Джус Р.Р. Мінеральні добрива: класифікація, властивості, застосування: навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2018. 80 с.
18. Гиль Л.С., Пашковский А.И., Сулима Л.Т. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Практическое руководство. Житомир: Рута, 2012. 468 с.
19. Шевчук М.Й., Веремеєнко С.І., Лопушняк В.І. Агрохімія: підручник. Ч. 2. Добрива та їх вплив на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я, 2012. 440с.
20. Карасюк І.М., Геркіял О.М., Господаренко Г.М. та ін. Агрохімія: підручник. К.: Вища школа, 1995. 471 с.
21. Лісовал А.П., Давиденко У.М., Мойсеєнко Б.М. Агрохімія. Лабораторний практикум. К.: Вища школа, 1994. 335 с.
22. Алиев Э.А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. 2-е издание, дополненное и переработанное. Киев: Урожай, 1985. 160 с.

CONTROL OF THE CONCENTRATION OF THE MACROELEMENT PHOSPHORUS IN THE SUBSTRATE WHEN GROWING TOMATOES IN PROTECTED SOIL CONDITIONS

Morozova L.
Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)
e-mail: lubovmorozova1982@gmail.com;
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9284-7951

Although most tomatoes are grown in open ground, their cultivation in glass greenhouses or tunnel-type greenhouses covered with plastic film is becoming more common to supply local markets with fresh fruit. In closed soil, mainly tall varieties of tomatoes are grown. They make it possible to use the area of greenhouses as efficiently as possible and get rich harvests. Tomatoes grown in greenhouses can be stored for 11 months, unlike those grown in open ground. Tomatoes are usually harvested unripe and ripen during transportation or on store shelves. Different types of tomatoes grown in greenhouses tend to have a longer shelf life, better taste and higher market value than those grown in the open field. Usually, plants are attached to the supports with a single wire, while the extra side shoots (stepchildren) are removed so that only one stem remains. The height of the tomato bushes can be gradually reduced for convenience immediately after the ripening of the first bunches of tomatoes. Shoots and inflorescences are removed to increase the length of the tomato bush, the number of fruits on it and their weight in order to meet the needs of the market. Taste, color, shape and texture are extremely important criteria for evaluating the quality of fresh tomatoes. Also, the fruits must be clean and contain no signs of decay or disease. Fresh tomatoes should be uniform in shape, symmetry and size. They should have a bright and uniform color, not contain green shoulders, spots and characteristic signs of immaturity. High concentrations of carbon dioxide (600–1000 ppm) are maintained in greenhouses to improve the process of photosynthesis, growth rate and yield. This practice is very common in low yield regions and intensive agricultural production systems. Although planting tomatoes in soil in tunnel-type greenhouses is still quite common, most intensive-type greenhouse tomato varieties are grown on substrates such as mineral wool. Fertigation provides adequate nutrient supply and eliminates most of the factors associated with heavy soil characteristics that are difficult to control. Growing tomatoes in greenhouses requires the use of a significant amount of water. To feed tomatoes, their producers also need to take into account the mass and degree of solubility of mineral fertilizers in water. Some elements or compounds present in irrigation water can affect the growth of plants, which is why there is a need to control their level. The paper investigates the influence of the concentration of the macroelement phosphorus in the mineral wool substrate on the growth and development of the Rosaletta (pink) tomato crop during the period of mass fruiting in protected soil conditions. It was established that the photoelectrocolorimetric method for determining the phosphorus content in mineral wool hoods is quite sensitive, simple and recommended for use in serial analyses. The determined average value of the phosphorus macroelement content (50.0 mg/l) turned out

to be higher than that required for growing tomatoes in the period of mass fruiting. Controlling the phosphorus content allows you to significantly prevent tomato diseases and obtain high-quality crops.

Keywords: *chemical composition, greenhouse, hydroponics, power elements, nutrient solution, photoelectrocolorimetry.*

REFERENCES

1. Andreev, Yu.M. (2002). *Ovoshchevodstvo [Vegetable growing].* M.: Profobrizdat [in Russian].
2. Vashchenko, S.F. (1978). *Trebovaniya k teplichnym sortam tomata i metodika ikh otsenki [Requirements for greenhouse varieties of tomato and methods for their evaluation].* L.: Kolos [in Russian].
3. Boos, G.V. (1968). *Ovoshchnye kultury v zakrytom grunte [Vegetable crops in closed ground].* L.: Kolos [in Russian].
4. Goloveshkin, V.G., Golubev, M.V., Nikiforov, A.M. (1987). Maloobemnaya tekhnologiya tomata [Low-volume tomato technology]. *Plodoovoshchnoe khozyaystvo — Fruit and vegetable farm,* 7, 21–24 [in Russian].
5. Krynytskyi, H.T., Zaika, V.K., & Hut, R.T. (2011). *Fiziolohiia roslyn. Praktykum: pidruchnyk [Physiology of plants. Practicum: textbook].* Lviv [in Ukrainian].
6. Alpatev, A.B., Sokol, P.F., & Agapov, A.C. (1986). *Metodicheskie ukazaniya po selektsii sortov i gibridov tomata dlya otkrytogo i zashchyshchennogo grunta [Guidelines for breeding varieties and hybrids of tomato for open and protected ground].* M.: VNIISSOK [in Russian].
7. Gunar, I.I., Kaspshik, M., & Krastina, Ye.Ye. (1960). Reaktsiya tomata na pereryvy svetlogo i temnogo periodov v raznye chasy sutok [The reaction of a tomato to breaks in the light and dark periods at different hours of the day]. *Izv. TSKhA — News TSKhA, 1 (2),* 98–102 [in Russian].
8. Andreeva, E.H., Morev, B.B. (1984). Reaktsiya raznykh sortov tomata na ponizhennuyu osveshchennost [The reaction of different varieties of tomato to low light]. *Sb. nauch. tr.: Ekologicheskie osobennosti ovoshchnykh kultur i razrabotka agrotekhnicheskikh elementov tekhnolohii ikh vyrashchivaniya — Sat. scientific Proceedings: Ecological features of vegetable crops and the development of agrotechnical elements of the technology of their cultivation, 45–49.* M. [in Russian].
9. Velik, V.F. (Ed.), Aleksashin, V.I., Andreeva, R.A., & Antonov Yu.P. (1984). *Ovoshchevodstvo otkrytogo grunta [Outdoor vegetable growing].* M.: Kolos [in Russian].
10. Gavrish, S.F. (2003). *Gibridy F_1 tomata dlya intensivnykh tekhnologiy [Tomato F_1 hybrids for intensive technologies].* Gavrish, 5, 2–3 [in Russian].
11. Gavrish, S.F. (2007). Novye indeterminantnye gybridy tomata selektsii Agrofirmy "Gavrish" dlya osteklennykh i plenochnykh teplits [New indeterminate tomato hybrids bred by Agrofirm "Gavrish" for glazed and film greenhouses]. *Gavrish, 4,* 2–4 [in Russian].
12. Gavrish, S.F. (2008). Novinki selektsii teplichnogo tomata [Novelties in greenhouse tomato breeding]. *Gavrish, 6,* 3–6 [in Russian].
13. Morozova, L. (2021). Control of potassium concentration in fertilizing tomatoes in protected soil. *Sciences of Europe, 64 (3),* 21–26 [in English].
14. Morozova, L. (2021). The role of calcium ions in the prevention of riding mold of tomatoes in protected soil. *Sciences of Europe, 66 (2),* 12–17 [in English].
15. Morozova, L.P. (2022). Rol ioniv mahniiu dlia rostu i rozvytku tomativ pry vyroshchuvanni v umovakh zakhyshchenoho hruntu [The role of magnesium ions for the growth and development of tomatoes when grown in protected soil conditions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management, 4,* 112–118 [in Ukrainian].
16. Naydun, S.N., Yurin, V.M. (2004). *Mineralnoe pitanie rasteniy. Metodicheskie rekomendatsii k laboratornym zanyatiyam, zadaniya dlya samostoyatelnoy raboty i kontrolya znaniy studentov [Mineral nutrition of plants. Guidelines for laboratory classes, assignments for independent work and control of students' knowledge].* M.: BHU [in Russian].
17. Khatsevych, O.M., Dzhus, R.R. (2018). *Mineralni dobryva: klasyfikatsiia, vlastyvosti, zastosuvannia: navchalno-metodychnyi posibnyk [Mineral fertilizers: classification, properties, application: training manual].* Ivano-Frankivsk: Prykarpatskyi natsionalnyi universytet imeni Vasylia Stefanyka [in Ukrainian].
18. Gil, L.S., Pashkovskiy, A.I., & Sulima L.T. (2012). *Sovremennoe ovoshchevodstvo zakrytogo i otkrytogo grunta. Prakticheskoe rukovodstvo [Modern vegetable growing of closed and open ground. Practical guide].* Zhytomyr: Ruta [in Russian].
19. Shevchuk, M.I., Veremeienko, S.I., & Lopushniak, V.I. (2012). *Ahrokhimiia: Pidruchnyk. Ch. 2. Dobryva ta yikh vplyv na bioproduktyvnist gruntu [Agrochemistry: Textbook. Part 2. Fertilizers and their influence on soil bioproductivity].* Lutsk: Nadstyria [in Ukrainian].
20. Karasiuk, I.M., Herkiial, O.M., & Hospodarenko, H.M. (1995). *Ahrokhimiia: pidruchnyk [Agrochemistry: textbook].* Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
21. Lisoval, A.P., Davydenko, U.M., & Moiseienko, B.M. (1994). *Ahrokhimiia. Laboratornyi praktykum [Agrochemistry. Laboratory practice].* Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
22. Aliev, E.A. (1985). *Vyrashchivanie ovoshchey v gidroponnykh teplitsakh. 2-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe [Growing vegetables in hydroponic greenhouses. 2nd edition, enlarged and revised].* Kyiv: Urozhai [in Russian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Морозова Любов Петрівна, кандидат хімічних наук, старший викладач, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; e-mail: lubovmorozova1982@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9284-7951)