

Effectiveness of potassium nitrate foliar fertilization on development and productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

V. Sievidov✉

Article info

Correspondence Author
V. Sievidov
E-mail:
sievidov.vp@gmail.comState Biotechnological
University,
44 Alchevskih street,
Kharkiv, 61000, Ukraine

Citation: Sievidov, V. (2024). Effectiveness of potassium nitrate foliar fertilization on development and productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 53–58. doi: 10.31210/spi2024.27.04.09

In world production, the share of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) is almost 20 % of all produced vegetables. Tomatoes are the most popular vegetable crop in the world, which is why increasing the yield of tomatoes is an essential requirement of modern production. One of the most important and promising ways to increase tomato productivity in greenhouses is the use of modern drugs and resource-saving technologies. In connection with this, the importance of agrotechnical measures for ecologically safe improvement of the efficiency of agricultural production is increasing. The article presents the results of the study of the effect of foliar fertilizing with potassium nitrate on the processes of growth, plant development, and yield of tomatoes throughout the vegetative period. The field experiment was conducted during 2018–2021 for the cultivation of the indeterminate Panekra F1 tomato hybrid in unheated spring film greenhouses. According to the research results, a significant effect on the biometric indicators of plants of foliar fertilizing with potassium nitrate was established, both in the phase of mass flowering (increase by 6–21 % from the control) and in the phase of mass fruiting (increase by 9–28 % from the control). The results of studies on the formation of tomato yield by months of the fruiting period indicate that an increase in the concentration of potassium nitrate increases the monthly yield of fruits, during July and September, by 13–19 % relative to the average level of yield per month. The yield level varied depending on the climatic conditions of the growing year, from the maximum in 2019 – 16.7–18.7 kg/m² to the minimum in 2021 – 7.6–9.0 kg/m². The research results show that the highest yield rate (15.8 kg/m², 13.4 % more than the control) was recorded for the option of treating tomato plants with a potassium nitrate solution with a concentration of 20 g/l. The use of higher concentrations of the drug (up to 30 g/l) did not lead to a significant increase in this indicator (yield at the level of 15.2 kg/m²). The prospect of further research is to establish the relationship between the composition of microfertilizers and their influence on the processes of yield formation when applied by foliar fertilizing methods.

Keywords: tomato (*Solanum lycopersicum* L.), potassium nitrate, cultivation technology, foliar feeding, yield.

Ефективність позакореневого підживлення нітратом калію на розвиток і продуктивність помідора (*Solanum lycopersicum* L.)

В. П. Сєвідов

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

У світовому виробництві частка помідорів (*Solanum lycopersicum* L.) становить майже 20 % всіх вироблених овочів. Помідори – найпопулярніша овочева культура у світі, саме тому підвищення врожайності помідора є невід’ємною вимогою сучасного виробництва. Одним із найважливіших і перспективних шляхів підвищення продуктивності помідора в теплицях є використання сучасних препаратів та ресурсозберігаючих технологій. У зв’язку з чим зростає значення агротехнічних заходів екологічно безпечного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. У статті представлено результати дослідження впливу позакорневих підживлень нітратом калію на процеси проходження росту, розвитку рослин та врожайність помідора протягом всього вегетативного періоду. Польовий дослід проведено протягом 2018–2021 років за вирощування індетермінантного гібриду помідора Панекра F1 у весняних плівкових теплицях без обігріву. За результатами досліджень встановлено істотний вплив на біометричні показники рослин позакорневих підживлень нітратом калію, як у фазу масового цвітіння (зростання на 6–21 % від контролю) так і у фазу масового плодоношення (зростання на 9–28 % від контролю). Результати досліджень формування врожайності помідора за місяцями періоду плодоношення свідчать, що збільшення концентрації нітрату калію збільшує помісячний врожай плодів, протягом липня вересня, на 13–19 % відносно середнього рівня врожайності за місяць. Рівень врожайності варіювався від кліматичних умов року вирощування, від максимального у 2019 році – 16,7–18,7 кг/м² до мінімального у 2021 році – 7,6–9,0 кг/м². Результати досліджень свідчать, що найбільший показник урожайності (15,8 кг/м², на 13,4 % більше контролю) відмічено за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л. Застосування більшої концентрації препарату (до 30 г/л) не призводило до істотного зростання даного показника (врожайність на рівні 15,2 кг/м²). Перспективою подальших досліджень є встановлення залежності між складом мікродобрих, за внесення методами позакореневого підживлення, та їх впливом на процеси формування врожайності помідора.

Ключові слова: помідор (*Solanum lycopersicum* L.), нітрат калія, технологія вирощування, позакореневі підживлення, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Сєвідов В. П. Ефективність позакореневого підживлення нітратом калію на розвиток і продуктивність помідора (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 53–58.

Вступ

Сучасні технології вирощування помідора вимагають розробки та впровадження нових інноваційних рішень підвищення загальної врожайності культури. Визначення реакції гібридів помідора на різні способи та терміни позакореневого підживлення рослин дозволить використати існуючі резерви підвищення продуктивності культури, а дослідження в цьому напрямку становлять як науковий, так і практичний інтерес. Помідор, це найбільш поширена овочева культура у світі. Щорічне світове виробництво свіжих помідорів у відкритому та закритому ґрунті, за даними FAO складало за 2018–2022 роки 185–189 млн тонн, із середньою врожайністю вище 3,8 кг/м² [1]. У світовому виробництві їх частка становить близько 16 % всіх вироблених овочів. В Україні їх обсяг у загальній структурі врожаю овочевих культур ще вище – 24–25 %, проте середня врожайність становить близько 2,9 кг/м² [2].

Формування врожаю помідора залежить від багатьох факторів, серед яких провідне місце належить забезпеченості ґрунту поживними речовинами у засвоєній формі, а максимальну врожайність досягнуто за комплексного використання мінеральних, органічних добрив і листового підживлення [3–5]. Одним з факторів, що стримують зростання виробництва помідора і викликають подорожчання кінцевої продукції, виступає неможливість використання традиційних видів органічних та мінеральних добрив, що використовуються для підвищення врожайності та якості сільськогосподарської продукції [6, 7].

Позакореневе підживлення є для рослин більш цінним джерелом отримання поживних речовин у порівнянні з ґрунтовим підживленням. Комбіноване листове внесення добрив покращує характеристики росту рослин, дозрівання та врожайність, що може бути пов'язане з доступністю основних поживних речовин та легкістю їх засвоєння через листя [8]. Використання позакорневих підживлень вважається інноваційним рішенням у сільському господарстві, особливо для пом'якшення хімічних навантажень на ґрунт, спричинених інтенсивним використанням хімічних препаратів [9]. Проте основні фізіологічні механізми залишаються погано вивченими. Мінеральне доповнення нітратом калію за допомогою листового підживлення є перспективною стратегією в управлінні овочівництвом, у тому числі і в умовах дефіциту зрошення.

Так, дослідження проведені в Бразилії показали вплив листового підживлення нітратом калію на зростання, врожайність та фізіологію рослин помідора. Результати показали позитивні ефекти застосування та загалом позакореневе застосування нітрату калію може бути перспективною практикою для підвищення врожайності та якості плодів помідора при дефіцитному зрошенні [10, 11].

Дослідники А. С. Абд-ель-Хамід і М. А. Абд-ель-Хад оцінили вплив позакореневого підживлення нітратом кальцію та калію на властивості рослин помідора, вирощених за різних норм фосфору в піщаному ґрунті та показали, що позакореневе

підживлення при нітратом кальцію у концентрації 0,3 % та нітратом кальцію у концентрації 0,5 % дозволяє отримати найвищі результати за висотою рослин, площею листя, масою листя помідора, вмістом N та P у листках, масою чотирьох плодів, діаметром плодів, урожайністю помідора. Загалом вони дійшли висновку, що обробка нітратом кальцію та калію через позакореневе підживлення підвищила врожайність помідора і поглинання поживних речовин [12].

Експеримент проведений у провінції Шірнак (Туреччина), з метою дослідження впливу різних калійних (хлорид калію, сульфату калію та нітрату калію) добрив на врожайність та якісні характеристики рослин помідора. Результати показали, що застосування нітрату калію та сульфату калію викликало збільшення вмісту хлорофілу та розчинних у воді твердих речовин. Порівняно з контрольною групою дослідна група продемонструвала найбільш суттєве зростання зміни рівня pH за 33 % зрошення, зокрема у сорту Камент F1, обробленого нітратом калію, що призвело до збільшення на 4,13 %. Найвищий вміст хлорофілу (71,73 %) отримано при застосуванні нітрату калію за зрошення 66 % [13].

У експерименті проведеному у теплиці Єгипетського національного дослідницького центру досліджено вплив деяких позакорневих обробок на посилення росту рослин помідора у різних умовах. Було застосовано сім обробок обприскуваннями та оцінено їх вплив на поживні характеристики рослини помідора. Ця оцінка показала, що найкращими методами обробки були нітрат калію, потім обробка екстрактом водоростей, потім обробка Fe+K+B+Prol, потім Fe+K+B+Si, а обробка проліном була найменш ефективною. Усі застосовані при обприскуванні рослин препарати показали значне збільшення середнього значення хлорофілу, але обробка нітратом калію була найкращою обробкою з підвищенням на 7,68% порівняно з контролем [14].

Загальні вимоги щодо використання хімічних засобів у світовому сільському господарстві спонукають і вітчизняних овочівників до пошуку альтернативних систем удобрення при вирощуванні сільськогосподарських культур із застосуванням позакорневих підживлень мінеральними добривами [15, 16].

Проблемою яку вирішує дане дослідження було визначення впливу позакорневих підживлень на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту, для максимальної врожайності помідора, зокрема у весняних плівкових теплицях.

Мета дослідження

Мета досліджень – визначити ефективність позакорневих підживлень нітратом калію шляхом встановлення оптимальних та практично обґрунтованих доз та строків застосування під індетермі-нантний гібрид помідора в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження – дослідити вплив позакорневих підживлень нітратом калію на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту, для максимальної врожайності помідора.

Матеріали і методи

Польовий дослід закладено у плівкових теплицях Державного біотехнологічного університету у південно-східній частині Лівобережного Лісостепу України у період 2018–2021 років. Ґрунтовий покрив дослідної теплиці представлено чорноземом з високим умістом гумусу, неглибоким заляганням карбонатів та близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. В ґрунті дослідної теплиці характеризується умістом гумусу в шарі 0–40 см – 3,9 %, рН водної витяжки – 5,2. За механічним складом ґрунт є середньо суглинковим ілувато-піщаним з вологоємністю – 22,18 % від маси абсолютно сухого ґрунту, об'ємна маса ґрунту становить 1,18 г/см³. Харківський регіон характеризується мінливістю температур, різною кількістю щорічних опадів, теплим літом та не має посушливого періоду [17]. Середньобагаторічні (за 2000–2020 роки) сума активних температур становить близько 2700 °С та відносна вологість повітря становить 76 %. Середньорічна тривалість безморозного періоду становить 155 діб. Прогрівання ґрунту до +10 °С на глибині 10 см починається у третій декаді квітня. К цьому строку, в основному весняні припиняються заморозки, зрідка продовжуючись до другої декади травня. Погодні умови у досліджуваній період суттєво не відрізнялись від середньобагаторічних.

Матеріалом для досліджень був індетермінантний гібрид помідора Панекра F1. Для виконання запланованих завдань досліджень застосовували такі варіанти обробки рослин:

- 1 варіант – для контролю використовувався варіант без обробки;
- 2 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 5 г/л;
- 3 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 10 г/л;
- 4 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 20 г/л;
- 5 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 30 г/л.

Обробку рослин проводили у три етапи:

- перша обробка – перед висаджуванням розсади у теплицю на постійне місце;
- друга обробка – на початку фази цвітіння;
- третя обробка – на початку фази плодоношення.

У польовому досліді насіння досліджуваного гібриду висівали у касети у третю декаду лютого, у третю декаду квітня – першу декаду травня розсаду за висоти надземної частини 30–35 см висаджували на постійне місце у плівкову теплицю. Варіанти дослідів розміщували методом повної рендомізації. Загальна площа ділянки – 8 м², площа облікової ділянки – 5 м², повторність – чотириразова, загальна кількість рослин – 480 шт.

Польові досліді та облік біометричних показників рослин проводили відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій для вирощування помідору у захищеному ґрунті [18–20].

Результати та їх обговорення

Спостереження за результатами польового досліді 2018–2021 років свідчать про незначний вплив позакореневих підживлень на строки проходження рослинами помідора фаз розвитку. Обробка рослин помідора нітратом калію порівняно з контрольним варіантом без обробки не пришвидшувала проходження рослинами фаз розвитку (*табл. 1*)

Таблиця 1

Проходження фаз росту і розвитку рослин за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

Варіанти обробки	Від посіву до			Перший – останній збір, діб
	появи сходів, діб	цвітіння, діб	плодоношення, діб	
Без обробки (контроль)	6	58	128	84
нітрат калію, 5 г/л	6	58	128	84
нітрат калію, 10 г/л	6	58	128	89
нітрат калію, 20 г/л	6	58	128	91
нітрат калію, 30 г/л	6	58	128	91

Обробка рослин нітратом калію лише подовжувала період плодоношення у варіантах досліді з концентраціями препарату 10–30 г/л. Більша різниця виявилася при проведенні позакореневих підживлень у біометричних показниках рослин помідора у фазу масового цвітіння (*табл. 2*).

Таблиця 2

Біометричні показники рослин помідора, у фазу масового цвітіння за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

Варіанти обробки	Маса рослини, г	Довжина центрального стебла, см	Кількість листків, шт.	Площа листової поверхні, см ² /росл.
Без обробки (контроль)	1126,8	118,0	15,3	1963,8
нітрат калію, 5 г/л	1131,3	118,8	15,5	1993,8
нітрат калію, 10 г/л	1127,5	121,3	16,0	2017,5
нітрат калію, 20 г/л	1175,3	124,5	16,3	2290,0
нітрат калію, 30 г/л	1196,3	126,3	16,8	2381,8

Маса рослин в залежності від застосування обробок нітратом калію становила в середньому 1131–1196 г. Найбільшу масу (1196 г) мали рослини за варіантом досліді з концентрацією нітрату калію – 30 г/л, що на 6 % більше контролю, а найменшу масу (1127 г) мали рослини за контрольним варіантом. За досліджуваній період найбільшу довжину стебла мали рослини за варіантом досліді з концентрацією нітрату калію – 30 г/л – в середньому 126 см, що

відповідно на 7 % більше контролю. Всі інші варіанти також перевищували контроль, але були менше цього варіанту. Кількість листків на рослині, в середньому, становила – від 15 шт./роsl. на контролі до 17 шт./роsl. за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л (на 10 % більше контролю). Площа листкової поверхні також була найменшою на контролі – 1964 см². Максимальною площею листкової поверхні – 2382 см², знов була за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л, на 21 % більше контролю.

Рослини за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л також значно перевищували за біометричними показниками контрольний варіант і були трохи нижчими за максимальні показники. Варіанти досліду з концентрацією нітрату калію – 5 та 10 г/л мали незначні відмінності від контролю, перевищуючи варіант без обробки на 3–5 %.

За результатами проведених досліджень встановлено мінливість біометричних показників, у фазу масового плодоношення за варіантами обробки порівняно з контролем (*табл. 3*).

Порівняно із контрольним варіантом максимальне значення показника маси рослини – 2484 г, відзначено за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л (на 19 % більше контролю). Довжина центрального стебла за цим варіантом сягала 312 см, на 10 % більше контролю. За показниками кількості листків на рослині і площі листкової поверхні варіанти з концентрацією 20 та 30 г/л були практично однаковими з перевищенням контролю на 11 % (кількість листків – 29,5 шт.) та 9 % (площа листкової поверхні – 11680 та 11635 см²/роsl., відповідно). Маса одного плоду в середньому найбільшою виявилася за варіантом досліду з концентрацією 30 г/л – 196 г, що на майже на 28 % більше контролю.

Таблиця 3

Біометричні показники рослин помідора, у фазу масового плодоношення за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

Варіанти обробки	Маса рослини, г	Довжина центрального стебла, см	Кількість листків, шт.	Площа листкової поверхні, см ² /роsl.	Середня маса плоду, г
Без обробки (контроль)	2082,5	283,8	26,5	10710,0	153,8
нітрат калію, 5 г/л	2103,8	288,3	27,5	10845,0	165,0
нітрат калію, 10 г/л	2160,0	295,0	28,0	10974,5	167,5
нітрат калію, 20 г/л	2435,0	307,5	29,5	11680,0	195,0
нітрат калію, 30 г/л	2483,8	311,8	29,5	11635,0	196,3

Це корелює з дослідженнями позакореневого підживлення рослин на двох сортах помідора (Нагіна та Рома) з різними рівнями калійних розчинів. Позакореневе підживлення калієм має значний ($P < 0,05$) вплив на висоту рослин, вагу одного плоду та загальну кількість плодів [21].

Аналіз динаміки формування помісячної врожайності помідора протягом періоду плодоношення відмічено, що в середньому за роки дослідження у липні-серпні технічної стиглості досягало по 36 %, вересні – 28 % та у жовтні близько 2 % загального врожаю (*рис. 1*).

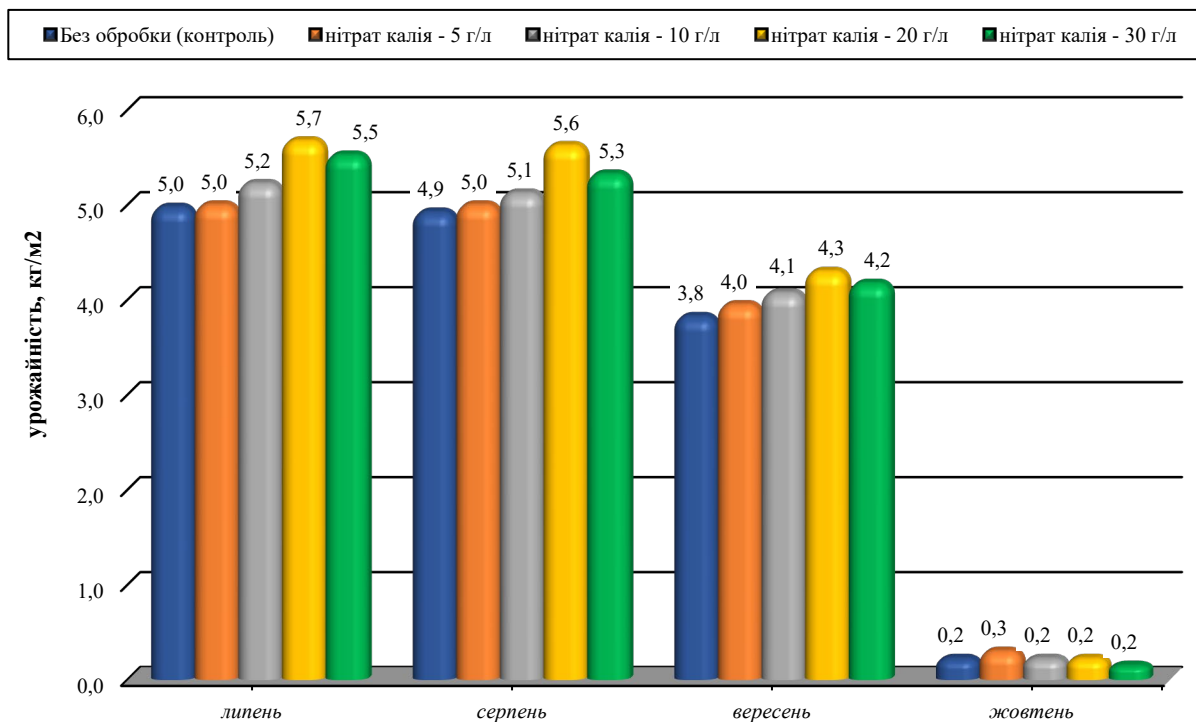


Рис 1. Динаміка формування помісячної врожайності помідора, за варіантами досліду (за 2018–2021 рр.).

Спостереження за формуванням урожаю плодів помідора за місяцями показало, що урожайність у липні становила від 5,0 кг/м² (на контролі та за варіантом з концентрацією нітрату калію – 5 г/л) до 5,7 кг/м² (за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л). Рівень урожайності у серпні становив від 4,9 кг/м² (на контролі) до 5,6 кг/м² (за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л), у вересні від 3,8 кг/м² (на контролі) до 4,2–4,3 кг/м² (варіанти з концентрацією 30 та 20 г/л відповідно). У жовтні було зібрано 2–4 % від загального врожаю в середньому однаково за варіантами дослідів. Максимальна різниця між варіантами дослідів у липні становила – 0,7 кг/м² (13,3 %), відповідно у серпні максимальна різниця становила також 0,7 кг/м² (13,5 %), у вересні – 0,5 кг/м² (19 %), а у жовтні 0,1 кг/м², або 33,3 % від середнього рівня врожайності за місяць.

Для оцінки показників польового дослідів потрібне правильне використання та інтерпретація отриманих даних. За досліджуваними варіантами було відзначено врожайність на рівні 14,0–15,8 кг/м² (табл. 4).

Таблиця 4

Формування загального врожаю за варіантами обробки порівняно з контролем (2018–2021 рр.).

Варіанти обробки	Урожайність, кг/м ²					+/- % до контролю
	2018	2019	2020	2021	в середньому	
Без обробки (контроль)	15,0	17,0	16,2	7,6	14,0	-
нітрат калію, 5 г/л	15,9	16,7	16,8	7,6	14,3	2,2
нітрат калію, 10 г/л	15,6	18,0	16,9	8,1	14,7	5,0
нітрат калію, 20 г/л	17,4	18,7	18,2	9,0	15,8	13,4
нітрат калію, 30 г/л	17,1	17,8	17,9	7,9	15,2	8,8

Порівняно із контрольним варіантом (14,0 кг/м²) найбільший показник урожайності (15,8 кг/м², що на 13,4 % більше контролю) відмічено за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л. Застосування більшої концентрації препарату (30 г/л) не призводило до істотного зростання даного показника (15,2 кг/м², що на 8,8 % більше контролю). В середньому за досліджуваний період врожайність на рівні 14,3–14,7 кг/м² забезпечено за варіантами з концентрацією 5 та 10 г/л, що на 2,2 та 5,0 % відповідно більше контролю. Нашими дослідженнями встановлено, що за роками дослідження показник урожайності значно варіював від максимального 16,7–18,7 кг/м² у 2019 році до мінімального 7,6–9,0 кг/м² у 2021 році, змінюючись в основному зі зміною умов вирощування за роками. Проте за весь період досліджень проведення позакореневих підживлень препаратом нітрату калію з концентрацією 20 г/л дозволяло отримувати максимальний рівень врожайності.

Дослідниками університету сільського господарства Фейсалабаду (Пакистан) встановлено, що через позитивну кореляцію між підживленням рослин помідору калієм та характеристиками якості плодів дослідники показали, що екзогенне внесення

відповідного рівня калію може сприяти підвищенню врожайності та покращенню якості плодів. Серед усіх варіантів дослідів обприскування рослин розчином з препаратом 0,5–0,7 % калію максимально покращили продуктивність рослин помідора обох сортів [21].

Також дослідниками автономного університету штату Мехіко (Мексика) оцінено продуктивність двох сортів томату при внесенні різних доз (1,2, 1,5, 1,8, 2,1 г/м²) препарату калію позакоренево, у трьох внесеннях: на стадії розсади, вегетативного стану та початку цвітіння в тепличних умовах. Взаємодія сорту та дози показала, що найбільша кількість плодів була отримана сортом «Сід» (3,18 кг/росл.) при дозі 1,2 г/м², тоді як із сорту «Пайпай» отримано плодів – 2,74 кг/росл. при застосуванні дози 1,5 г/м². Було зроблено висновок, що позакореневе внесення по листю препарату калію збільшує врожайність плодів [22].

Висновки

У ході польового дослідів досліджено вплив позакореневих підживлень нітратом калію на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту. За результатами досліджень встановлено, що ефективним для розвитку рослин та підвищення врожайності виявилось застосування нітрату калію для проведення позакореневих підживлень рослин помідора. Відзначено суттєве збільшення біометричних показників оброблених нітратом калію у фазу масового цвітіння: маси рослини (до 1196 г), довжини стебла (до 126 см), кількості листків на рослині (до 17 шт./росл.), площі листової поверхні (до 2382 см²/росл.), в середньому на 11 % більше контролю. У фазі масового плодоношення відзначено зростання біометричних показників зі збільшенням концентрації нітрату калію: маси рослини (до 2484 г), довжини стебла (до 312 см), кількості листків на рослині (до 29,5 шт./росл.), площі листової поверхні (до 11635 см²/росл.), в середньому на 15 % більше контролю. Аналіз динаміки формування помісячної врожайності показав, що максимальний помісячний рівень врожайності у липні-вересні отримано за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л, на 11–13 % більше від середнього рівня врожайності за місяць. Як результат, на цьому варіанті отримано найбільшу врожайність – 15,8 кг/м². Таким чином, визначено ефективність позакореневих підживлень нітратом калію, шляхом проведення трьох обробок препаратом у концентрації 20 г/л під індетермінантний гібрид помідора, в умовах Лівобережного Лісостепу України, для отримання максимальної врожайності.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні процесів формування структури врожайності за допомогою позакореневих підживлень різними мікродобривами та можливістю впливу на величину врожайності культури помідора. Подальше дослідження особливостей впливу різних мікродобрив на розвиток рослин помідора дасть можливість оцінити агрохімічний ефект від внесення методами позакореневого підживлення для отримання стабільних врожаїв та реалізації генетичного потенціалу культури.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Semenda, O., & Korman, I. (2024). Analysis of the Ukrainian vegetable market in the conditions of war. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 3 (1), 72–80. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240301.07>
2. Amons, S. E., Krasniak, O. P. (2021). Vyrobnystvo ovociv v Ukraini: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku haluzi. *Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 20, 97–116. [in Ukrainian]
3. Pylak, M., Oszust, K., & Fraç, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18 (3), 597–616. <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>
4. Kosenko, N., & Pogorielova, V. (2020). Seed production of tomato varieties depending on planting schemes and fertilizers in the conditions of Southern Steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (2), 37–43. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-06>
5. Holodna, A. (2021). Growth and development of narrow-leaved lupin and its productivity depending on variants of fertilizer and biological preparations. *Feeds and Feed Production*, 92, 54–61. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo202192-05>
6. Woldemariam, S. H., Lal, S., Zelelew, D. Z., & Solomon, M. T. (2018). Effect of potassium levels on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 5 (4), 102. <https://doi.org/10.5296/jas.v6i1.12262>
7. Singh, A., Bali, A., Kumar, A., Yadav, R. K., & Minhas, P. S. (2022). Foliar spraying of potassium nitrate, salicylic acid, and thio-urea effects on growth, physiological processes, and yield of sodicity-stressed paddy (*Oryza sativa* L.) with alkali water irrigation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41 (5), 1989–1998. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10575-8>
8. Aliksieiev, O. (2020). Mechanism of soil reproduction and preservation in the system of organic farming. *Agriculture and Forestry*, 3, 184–197. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-16>
9. Pysarenko, V. M., & Pysarenko, P. V. (2022). *Orhanichni dobrovya*. Poltava: FOP Smirnov A. L. [in Ukrainian]
10. Filho, M. N. de C., Melo, L. C. A., Lustosa Filho, J. F., de Castro Paes, É., de Oliveira Dias, F., Lino Gomes, J., & Nick Gomes, C. (2024). Improved tomato development by biochar soil amendment and foliar application of potassium under different available soil water contents. *Journal of Plant Nutrition*, 47 (16), 2620–2644. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2354214>
11. Filho, M. N. de C., Melo, L. C. A., Paes, É. de C., Filho, J. F. L., Caballero, R. I. C., Gomes, J. L., & Gomes, C. N. (2024). Impact of the addition of biochar and foliar KNO³ on physiology, growth and root biometric parameters of tomato cultivated under different water regimes. *Scientia Horticulturae*, 332, 113186. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113186>
12. Abdelhameed, A., & Abd El-Hady, M. (2018). Response of tomato plant to foliar application of calcium and potassium nitrate integrated with different phosphorus rates under sandy soil conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 58 (1), 45–55. <https://doi.org/10.21608/ejss.2017.1645.1126>
13. Temur, B., Akhoundnejad, Y., Nas, Y., & Ersoy, L. (2023). Effect of different potassium fertilizers on yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 7 (4), 761–769. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.4.5>
14. Khater, A., Kandil, H., El-Hassanin A., & El-Maghraby, A. (2022). The impact of some foliar treatments on chemical composition and chlorophyll of tomato plant under saline condition (Hydroponic Exp.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 11 (3), 967–984. <https://doi.org/10.36632/mejar/2022.11.3.60>
15. Dzendzel, A. (2022). Vplyv orhano-mineralnogo dobrovya «SMART» kompozyt Martsinyshyn® na pokaznyky vodoobminu lystkiv pomidora yistivnogo (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 81, 72–81. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.21.4.10> [in Ukrainian]
16. Yarovyi, H., Sievidov, V., & Sievidov, I. (2020). Productivity and productivity of indeterminate type tomato hybrids in plastic film greenhouses. *Vegetable and Melon Growing*, 67, 64–72. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-67-64-72>
17. Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5 (1), 180–214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
18. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (2022). *Metodyka doslidnoi spravy v ovocivnytstvi i bashtannnytstvi*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian]
19. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
20. Rozhkov, A. O. (Red). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 knykhakh. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
21. Afzal, I., Hussain, B., Maqsood, S., Basra, A., Ullah, S., Shakeel, Q., & Kamran, M. (2015). Foliar application of potassium improves fruit quality and yield of tomato plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 14, 3–13.
22. Mayén-Villa, R., Morales-Rosales, E., Morales, E. J., & López-Sandoval, J. (2023). Yield of tomato (*Solanum lycopersicum*) as a function of potassium phosphite as foliar fertilizer. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10.

ORCID

V. Sievidov 

<https://orcid.org/0000-0002-3826-5149>



2024 Sievidov V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.