

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка

Кафедра біології, здоров'я людини
та методики навчання

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема:

**«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ
АНТИОКСИДАНТІВ У ВИРОЩУВАННІ ПАСЛЬОНОВИХ КУЛЬТУР»**

Виконала:

студентка 50-61М-Б групи
спеціальності 014 Середня освіта
ОПП «Середня освіта (Біологія та здоров'я
людини та природознавство)»
Воробйова Тетяна Сергіївна

Наукові керівники:

доктор. с.-г. наук, ст.. наук. сп. Міщенко С. В.,
асистент Кириєнко О. О.

Допущено до захисту

"__" _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

Дата захисту: «__» _____ 20__ р.

Оцінка _____

Підписи членів ЕК:

Глухів 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Воробйова Т.С. «Екологічна безпека та перспективи використання антиоксидантів у вирощуванні пасльонових культур».

Кваліфікаційна робота освітнього рівня – магістр, на правах рукопису. Спеціальність – 014 Середня освіта. ОПП «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини та природознавство). – Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка. – Глухів, 2024.

Кваліфікаційна робота викладена на 96 сторінках комп'ютерного тексту, включає 8 таблиць та 23 рисунків. Вона складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку літератури, що включає 52 найменування, додатків.

Дослідження присвячене теоретичним основам, експериментальним аспектам та екологічній безпеці використання антиоксидантів у рослинництві, зокрема у вирощуванні пасльонових культур.

У **першому розділі** викладено поняття антиоксидантів, їх роль у захисті рослинних організмів від окисного стресу, розглянуто біохімічні процеси у пасльонових культурах під впливом антиоксидантів, здійснено огляд літературних джерел щодо їх застосування в аграрному секторі. Особлива увага приділена видам антиоксидантів, перспективним для використання у вирощуванні пасльонових культур.

Другий розділ висвітлює експериментальну частину роботи. Описано матеріали, умови та методику проведення дослідження, проаналізовано вплив антиоксидантів на ріст, розвиток, врожайність та якість плодів помідорів сорту Балконне диво. Після проведення досліду що впливу антиоксидантів на ріст і розвиток помідорів, було встановлено ефективність передпосівної обробки насіння томатів сорту Балконне диво 0,1%-ним розчином аскорбінової кислоти; цей розчин прискорює появу сходів на 2–3 дні, стимулює розвиток більш потужної кореневої системи, подвоює кількість квіток і зав'язей, а також знижує їх осипання. Загалом ріст і розвиток рослин пришвидшується майже на три тижні.

Використання 1%-ного розчину аскорбінової кислоти, навпаки, негативно впливає на рослини, спричиняючи зменшення їхньої маси, затримку росту та уповільнення розвитку.

Результати оцінки тривалості зберігання та збереження товарного вигляду плодів за умов застосування антиоксидантів, дозволив констатувати наступне: холодові дефекти у плодів, оброблених 0,1%-ним розчином аскорбінової кислоти, проявлялися лише на 21-шу добу. Інтенсивність низькотемпературних пошкоджень у цьому варіанті була зменшена в 11 разів порівняно з контрольним. Наприкінці періоду зберігання пошкодження холодом у плодів, оброблених 0,1%-ним розчином, становили трохи більше 6%. На 24-ту добу понад 30% плодів, оброблених 1%-ним розчином аскорбінової кислоти, мали ознаки ушкоджень від низької температури. У той же час індекс пошкоджуваності для цього варіанту був у 8,9 разів нижчим, ніж у контрольній групі. Загалом інтенсивність пошкоджень від переохолодження зростала зі збільшенням терміну зберігання. Водночас обробка 0,1%-ним розчином аскорбінової кислоти ефективно знижувала індекс холодових ушкоджень.

У **третьому розділі** досліджено екологічну безпеку застосування антиоксидантів у сільському господарстві. Проведено аналіз потенційних ризиків для навколишнього середовища та здоров'я людини через споживання продукції, вирощеної із використанням антиоксидантів. Також сформульовано рекомендації щодо їх безпечного застосування у практиці рослинництва.

Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій вирощування пасльонових культур, підвищення їх врожайності, якості та термінів зберігання, а також для зменшення негативного впливу аграрного виробництва на довкілля.

Ключові слова: антиоксиданти, індекс ушкодження, аскорбінова кислота, терміни зберігання, товарний вигляд, помідори сорту Балконне диво.

SUMMARY

Vorobyova T.S. «Ecological Safety and Prospects of Using Antioxidants in Cultivating Solanaceous Crops».

Qualification paper for the educational degree – Master, manuscript. Specialty – 014 Secondary Education. Educational and Professional Program «Secondary Education (Biology, Human Health, and Natural Sciences)». – Hlukiv National Pedagogical University named after Oleksandr Dovzhenko. – Hlukiv, 2024.

The qualification paper comprises 96 pages of computer-typed text, including 8 tables and 23 figures. It consists of an introduction, three chapters, conclusions, a reference list of 52 sources, and appendices.

The research focuses on the theoretical foundations, experimental aspects, and ecological safety of using antioxidants in crop cultivation, particularly in growing solanaceous crops.

In the first chapter, the concept of antioxidants and their role in protecting plant organisms from oxidative stress are presented. The biochemical processes in solanaceous crops under the influence of antioxidants are analyzed, and a review of literature on the application of antioxidants in the agricultural sector is provided. Special attention is paid to types of antioxidants that are promising for use in cultivating solanaceous crops.

The second chapter highlights the experimental part of the study. It describes the materials, conditions, and methods of the research and analyzes the impact of antioxidants on the growth, development, yield, and quality of tomato fruits of the Balkonnoe Chudo variety.

The experimental findings on the effects of antioxidants on tomato growth and development established the effectiveness of pre-sowing seed treatment with a 0.1% ascorbic acid solution. This treatment accelerates seed germination by 2–3 days, promotes the development of a more robust root system, doubles the number of flowers and fruit sets, and reduces flower drop. Overall, plant growth and development are accelerated by nearly three weeks.

Conversely, the use of a 1% ascorbic acid solution has a negative effect, causing reduced plant mass, delayed growth, and slower development.

The evaluation of storage duration and marketable appearance of fruits under antioxidant treatment showed the following results: cold damage in fruits treated with a 0.1% ascorbic acid solution appeared only on the 21st day of storage. The severity of low-temperature injuries in this variant was 11 times lower than in the control group. By the end of the storage period, cold damage in fruits treated with the 0.1% solution was slightly above 6%. On the 24th day of storage, more than 30% of fruits treated with the 1% solution exhibited cold damage. However, the damage index in this variant was 8.9 times lower than in the control group. Overall, the severity of cold damage increased with longer storage periods. Nevertheless, treatment with a 0.1% ascorbic acid solution effectively reduced the cold damage index.

In the third chapter, the ecological safety of using antioxidants in agriculture is examined. An analysis of potential risks to the environment and human health from consuming antioxidant-treated crops is conducted. Recommendations for the safe use of antioxidants in agricultural practices are also provided.

The obtained results can be utilized to optimize technologies for cultivating solanaceous crops, improve their yield, quality, and storage duration, and minimize the negative environmental impact of agricultural production.

Keywords: antioxidants, damage index, ascorbic acid, storage duration, marketable appearance, tomatoes of the Balkonnoe Chudo variety.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У РОСЛИННИЦТВІ	12
1.1. Поняття антиоксидантів та їх роль у рослинних організмах ...	12
1.2. Біохімічні процеси у пасльонових культурах та вплив антиоксидантів на них.....	17
1.3. Аналіз літературних джерел щодо застосування антиоксидантів у сільському господарстві	19
1.4. Види антиоксидантів, перспективні для використання у вирощуванні пасльонових культур.....	25
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИОКСИДАНТІВ НА ВИРОЩУВАННЯ ПАСЛЬОНОВИХ КУЛЬТУР	28
2.1. Матеріали, умови та методика дослідження	28
2.2. Аналіз впливу антиоксидантів на ріст та розвиток рослин.....	36
2.3. Вплив антиоксидантів на врожайність та якість плодів	55
2.4. Оцінка тривалості зберігання та товарного вигляду плодів, вирощених із використанням антиоксидантів	57
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	62
3.1. Екологічні аспекти застосування антиоксидантів у рослинництві: аналіз ризиків та способів їх мінімізації	62
3.2. Вплив антиоксидантів на здоров'я людини через продукти харчування.....	65
3.4. Рекомендації щодо використання антиоксидантів у практиці сільського господарства	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

У сучасному суспільстві вся розумна людська діяльність має бути спрямована на вирішення глобальних проблем: збереження, продовження та покращення якості людського життя. На жаль, цивілізація, вирішуючи ці питання, одночасно змінює середовище, яке сформувало людину, змушуючи її адаптуватися до нових умов. Організм людини має певний ресурс адаптаційних можливостей, але він не безмежний і потребує підтримки ззовні. Ефективність такої допомоги буде тим вищою, чим краще ми розумітимемо вплив діючих факторів і механізми відповідних реакцій організму людини.

Зростання населення та підвищення попиту на сільськогосподарську продукцію вимагають впровадження нових технологій для підвищення врожайності та стійкості культур до стресових факторів. В умовах сучасного сільського господарства пасльонові культури, такі як томати, перець і баклажани, піддаються значному впливу несприятливих факторів, зокрема посухи, забруднення ґрунтів, окислювального стресу, які знижують якість і врожайність рослин.

Антиоксиданти можуть бути перспективним рішенням, оскільки вони захищають клітини рослин від окислювального стресу, допомагаючи нейтралізувати вільні радикали, що утворюються внаслідок впливу зовнішніх стресових факторів. Це сприяє підвищенню стійкості пасльонових культур до несприятливих умов, що, у свою чергу, може зменшити необхідність у використанні хімічних засобів захисту рослин, таких як пестициди та гербіциди. Таким чином, застосування антиоксидантів підтримує екологічно безпечніші методи аграрного виробництва.

Рослини мають достатню стійкість до окислювальних пошкоджень, які виникають при різкій зміні фізіологічного стану організму. Це зумовлено наявністю в рослинній клітині ефективних антиоксидантів, які здатні забезпечити захист від кисневих радикалів.

Антиоксидантними властивостями володіють багато природних сполук. Серед них – вітаміни, такі як С, Е, а також попередник вітаміну А – β -каротин. Крім того, до антиоксидантів належать глутатіон, цистеїн, метіонін, лютеїн, мелатонін, убіхінони, токофероли, ретиноїди, флавоноїди, ліпоєва кислота та багато інших сполук, а також група антиоксидантних ферментів.

Антиоксиданти рослин є більш різноманітними, ніж у тварин, а антиоксиданти-вітаміни людина отримує виключно з їжею. Отже, якісна рослинна їжа має містити достатню кількість антиоксидантів, а для цього потрібно знати умови, що сприяють їхньому накопиченню.

Протистояти розповсюдженню вільнорадикальних процесів здатні сполуки-антиоксиданти різної хімічної природи (біофлавоноїди, аскорбінова кислота, каротиноїди тощо), котрі в певних концентраціях входять до складу харчових продуктів (Toor & Savage, 2006; Ishiguro, Yahara & Yoshimoto, 2007), і їх споживання запобігає накопиченню в клітинах організму вільних радикалів (Becker, Nissen & Skibsted, 2004). На відміну від синтетичних препаратів, біоантиоксиданти легко і органічно вступають у метаболічні процеси в організмі і практично не дають побічних ефектів (Сімахіна, 2011).

Відомі на сьогодні результати досліджень у даному напрямі свідчать про перспективність вибору в якості антиоксидантів плодовоовочевих культур, зважаючи на їхню доведену здатність підтримувати захисні функції власної антиоксидантної системи організму людини (Saura-Calixto & Goni, 2006), інгібувати всі етапи вільнорадикальних реакцій (Van der Sluis, Dekker... & Jongen, 2000), забезпечуючи стабілізацію ліпідів у складі мембран (Samotyja & Majeska, 2007).

Донедавна більшість наукових праць була присвячена з'ясуванню антиоксидантної активності аскорбінової кислоти, вітамінів А і Е, каротиноїдів (Тимирханова, Абдуллина & Кулагіна, 2007). Нині ж увагу науковців дедалі більше привертають Р-активні сполуки фенольного походження (біофлавоноїди): катехіни, антоціани, лейкоантоціани, флавонові глікозиди,

хлорогенова кислота тощо. І це науково обґрунтовано (Меншиєва & Зеньков, 1994; Sun, Chu, Wu & Liu, 2002; Kjersti, 2004).

Основні антиоксиданти (аскорбінова кислота, біофлавоноїди, каротиноїди тощо) повинні надходити з їжею або у вигляді плодово-ягідної сировини, або у складі харчових продуктів, збагачених комплексами біоактивних сполук, вилучених із лікарської сировини. Інгредієнти рослинної сировини мають здатність діяти синергічно, що визначає доцільність вилучення із сировини не однієї сполуки, а їхнього комплексу.

Дослідження впливу антиоксидантів також є актуальним у контексті екологічної безпеки та сталого розвитку, адже використання натуральних антиоксидантів може знизити рівень забруднення ґрунтів і сприяти створенню умов для вирощування органічної продукції. Це відповідає сучасним вимогам до екологічно безпечного землеробства, спрямованого на забезпечення якості та безпечності продукції для кінцевого споживача.

Негативне довкілля, що спричиняє стреси, може стимулювати накопичення в організмі людини вільних радикалів кисню: супероксидного, пергідроксильного та гідроксильного. Активні форми кисню утворюються і в процесі нормального метаболізму, але за несприятливих умов (забруднення повітря, неякісна їжа, опромінення, важкі метали, деякі види ліків тощо) їх кількість значно зростає. Виникають патологічні наслідки через пошкодження ліпідів, особливо ліпідів клітинних мембран, білків, нуклеїнових кислот, що врешті-решт призводить до передчасного старіння і навіть загибелі клітин.

Вплив екологічних факторів на біосинтез і накопичення антиоксидантів у рослинах починає привертати увагу науковців, але поки ще не став об'єктом цілеспрямованих досліджень.

Отже, вивчення антиоксидантів та їх застосування у вирощуванні пасльонових культур не лише підвищує ефективність агротехнологій, а й сприяє екологічній безпеці, що робить дану тему актуальною та перспективною для подальших досліджень.

З огляду на вище окреслене нам вбачається актуальною тема нашого дослідження **«Екологічна безпека та перспективи використання антиоксидантів у вирощуванні пасльонових культур»**.

Мета дослідження:

- теоретично обґрунтувати та експериментально дослідити особливості впливу антиоксидантів на ріст та розвиток пасльонових культур;
- дослідити перспективи використання антиоксидантів у сільському господарстві та їх екологічну безпеку.

Відповідно до мети дослідження було визначено **завдання:**

1. Здійснити аналіз наукових літературних джерел щодо теорії і практики використання впливу антиоксидантів у процесі вирощування пасльонових культур та їх екологічну безпеку і перспективи використання.
2. Визначити роль антиоксидантів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур та їх вплив на навколишнє середовище.
3. Оцінити вплив антиоксидантів на ріст і розвиток пасльонових культур.
4. Проаналізувати результати отриманих даних, зробити висновки.
5. Розробити рекомендації щодо використання антиоксидантів у практиці сільського господарства.

Об'єкт дослідження: особливості впливу антиоксидантів на ріст і розвиток пасльонових культур.

Предмет дослідження: рослини пасльонових культур.

Гіпотеза дослідження: оптимізація впливу антиоксидантів сприятиме підвищенню потужності росту і розвитку пасльонових, тривалості зберігання та товарного вигляду плодів та охороні навколишнього середовища.

Для вирішення поставлених завдань було використано такі **методи дослідження:**

Аналіз літературних джерел; загальнонаукові – аналіз, синтез, індукція, дедукція, узагальнення, порівняння, класифікація); біологічний експеримент; фенологічні спостереження за рослинами пасльонових культур; методи математичної статистики – для кількісної оцінки результатів дослідження.

Наукова новизна і теоретичне значення дослідження обумовлена тим, що здійснено теоретичне обґрунтування і експериментальне підтвердження доцільності використання антиоксидантів у практиці сільського господарства; за рахунок цього експерименту виявлено вплив антиоксидантів на ріст і розвиток пасльонових культур, тривалість зберігання і товарний вигляд плодів та навколишнє середовище.

Практичне значення дослідження полягає у використанні отриманих даних та розроблених рекомендацій під час зберігання плодів овочевих культур та збереженні навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У РОСЛИННИЦТВІ

1.1. Поняття антиоксидантів та їх роль у рослинних організмах.

Вільні радикали запускають в живому організмі процеси, схожі на корозію і гниття. Це деформує тіло зсередини, вбиває імунні сили і робить організм беззахисним перед атакою вірусів, інфекцій і мікробів. Саме з дією оксидантів сучасна медицина пов'язує багато хвороб, тому будь який живий організм потребує ефективної протиотрути, в ролі якої виступають спеціальні речовини – антиоксиданти [1].

Антиоксиданти – це речовини, які знешкоджують вільні радикали. Їх вважають надзвичайно важливою групою харчових добавок завдяки їх унікальним властивостям підвищувати термін придатності харчових продуктів без зниження смакових характеристик та харчової цінності (рис. 1.1.1).

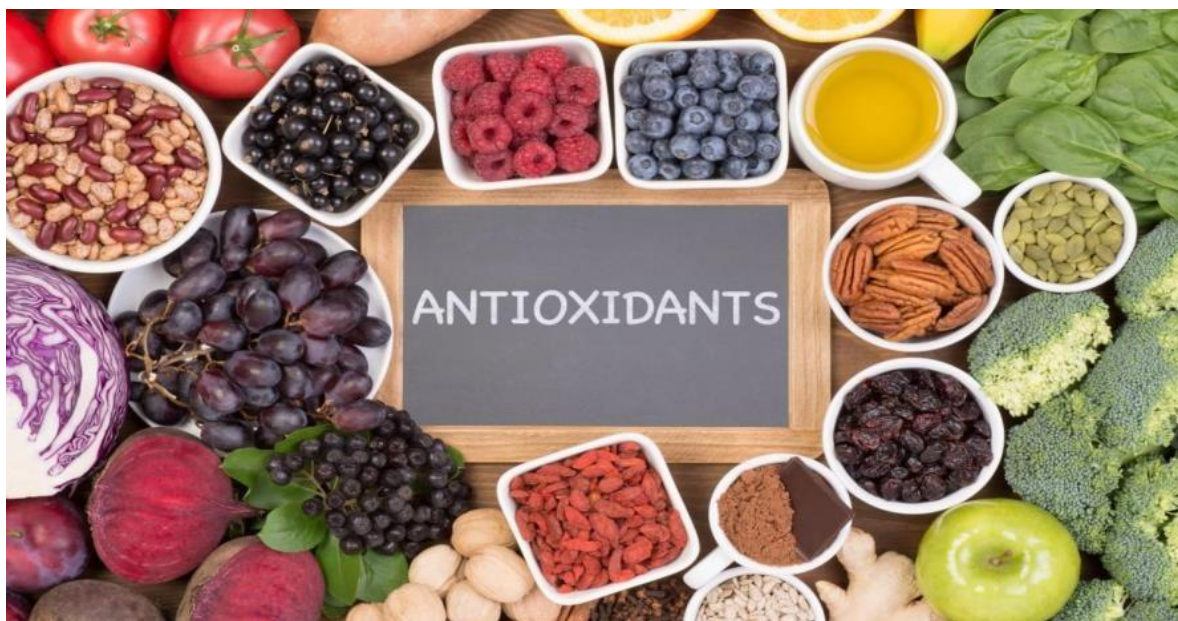


Рис. 1.1.1. Антиоксиданти рослин.

У біологічних системах антиоксиданти сприяють захисту від оксидативного стресу та виникнення серцево-судинних, неврологічних та

онкологічних захворювань [15]. Серед природних антиоксидантів можна виділити токофероли, які застосовують в хлібопекарських та кондитерських виробках і маслах. β -каротин присутній у вершковому, кокосовому та кукурудзяному маслах.

Для протидії негативним ефектам оксидативного стресу в організмі є система антиоксидантного захисту. Існують різноманітні механізми ігнорування окиснювального стресу, які відрізняються будовою та точкою прикладання в ланцюзі розгалужених реакцій процесів ВРО. Антиоксидантна система складається з двох ланок: ферментативної та неферментативної. Активність антиоксидантів обумовлюється стереоелектронними ефектами ароматичного та хроманового кілець, орто- та параположенням гідроксильних груп, тіоловими сполуками, хелатуванням металів змінної валентності, рецепторними взаємодіями з клітинною мембраною тощо [24].

Антиоксиданти є універсальним вирішенням проблеми вільних радикалів у всіх живих організмах. Будь-то рослина, бактерія, комаха, тварина або людина – усі мають набір молекул, що захищають від окислення. А так як принцип роботи антиоксидантів однаковий – відновлення радикала до повноцінної молекули, – антиоксиданти рослин або навіть бактерій можуть працювати і в тканинах людини, знешкоджуючи вільні радикали та перериваючи ланцюга руйнівних хімічних реакцій [12].

Антиоксиданти (грецьк анти – проти, оксис – кислий) – сукупність факторів, спрямованих проти руйнування клітинних мембран вільними радикалами і перекисами [14].

Широко застосовуються у промисловості для збільшення термінів зберігання різноманітних речовин, які окиснюються, та в медичній практиці для лікування ВРО-зумовленої патології. Антиоксиданти, які функціонують у живому організмі (біоантиокисники), відіграють важливу роль, захищаючи біологічні субстрати від неферментативного окиснення, напр. ліпіди, зокрема жири і жирні кислоти мембранних структур клітини. Вони є необхідними компонентами усіх тканин та клітин живих організмів і підтримують у

нормальних фізіологічних концентраціях вільнорадикальні аутоокиснювальні процеси. У нормі використання і поповнення А. у тканинах живих організмів збалансоване. Розрізняють антиоксиданти, основна біологічна функція яких визначається або пов'язана з антиокиснювальною активністю (напр. супероксиддисмутази, токофероли), і речовини, основна біологічна функція яких не пов'язана з антиокиснювальною дією. До останніх належать *антибіотики*, які, крім бактерицидної, чинять також антиокиснювальну дію. Індивідуальні біоантиокисники утворюють систему, яка визначає антиокиснювальну активність живих тканин [2].

Основне завдання антиоксидантів – продовжити термін зберігання продуктів харчування. Від консервантів антиоксиданти відрізняються тим, що консерванти перешкоджають біологічному псуванню продукту під впливом мікроорганізмів і бактерій, а антиоксиданти запобігають їх хімічному окисленню [33].

Місія антиоксидантів полягає в знешкодженні вільних радикалів та недопусканні окислювального стресу. При цьому окислювальні процеси відбуваються постійно, а завдяки достатньому функціонуванню антиоксидантної системи в організмі утримується баланс [13].

Антиоксиданти досить широко представлені в рослинних харчових продуктах (овочах, фруктах, крупах, бобових) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. А саме: всі рослини зеленого, темно-зеленого, фіолетового, темно-фіолетового, темно- червоного, помаранчевого, жовтого, червоного кольору. Найбільше антиоксидантів міститься в ягодах: чорниці, журавлині, лохині, а також ожині, малині, вишнях, смородині, яблуках та сливах. Що стосується овочів, то це буряк, спаржа, брокколі, петрушка, шпинат, баклажани, а також червона капуста, цибуля, квасоля, чорні боби та перець. Дуже багато антиоксидантів у обліпихі, винограді і його кісточках. Чай, червоне вино та темний шоколад також є чудовими джерелами антиоксидантів. Однак звичайний чай за своєю антиоксидантною силою значно перевершує всі ці продукти. Його антиоксиданти називаються флавоноїдами [9]. І не потрібно

забувати такі продукти як бобові, особливо сочевицю, сою та нут [21].

Антиоксиданти у великій кількості містяться в: червоних та помаранчевих овочах та фруктах, такі як (морква, помідори, перець, диня, абрикоси, ананас); ягоди (малина, чорна смородина та червона, чорниця, полуниця); сухофруктах (чорнослив, курага, родзинки); горіхи (волоські, мигдаль, а також арахіс, фундук); масла (особливо оливкова, лляна, гарбузова); цитрусові (апельсин, лимон,); трави такі як (петрушка, базилік, кінза, шпинат, а також корінь імбиру; червоне вино; чай; кава; какао) [18].

Збалансованість між антиоксидантами і прооксидантами визначає стабільність біологічної системи як організму, так і харчового продукту. Природний ліпідний склад більшості нативних продуктів вміщує незначні кількості антиоксидантів, прооксидантів, збалансовуючи протікання окислювальних процесів. Технологічно виправданим є додаткове внесення антиоксидантів як інгредієнта, який подовжує індукційний період появи реакційноздатних вільних радикалів та пероксидів у харчовому продукті **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Використання антиоксидантів у сільському господарстві відбувається через застосування антиоксидантних препаратів.

Антиоксидантні препарати утворюють сполуки, здатні запобігати або уповільнювати пошкодження клітин, викликане вільними радикалами. Вільні радикали – це високореактивні молекули, які можуть руйнувати клітини, приводячи до старіння та виникнення захворювання. Антиоксиданти можуть захищати клітини, нейтралізуючи вільні радикали та знижуючи рівень окислювального стресу.

Антиоксидантні препарати для рослин застосовуються через позакореневе підживлення, внесення в обґрунтування або обробку розчину. Вони можуть бути як синтетичними, так і природними (препарат АКМ) і діяти шляхом поглинання вільних радикалів, знижуючи окислювальний стрес та покращуючи стійкість і врожайність рослин.

Використання таких препаратів у сільському господарстві буде на

початкових стадіях дослідження, однак збільшує кількість доказів їх ефективності для покращення здоров'я рослин та підвищення їх продуктивності. Одна температура з ключовими перевагами антиоксидантних препаратів є здатністю допомагати рослинам справлятися з екологічними стресорами, такими як посуха, висока і підвищена освітленість, що викликають окислювальний стрес. Окислювальний стрес може пошкоджувати клітини рослин і зменшувати їх ріст і врожайність.

Антиоксиданти допомагають нейтралізувати вільні радикали та зменшувати окислювальні пошкодження, що позитивно впливає на стійкість, врожайність і якість продукції. Крім того, антиоксидантні препарати здатні підвищити стійкість рослин до хвороби.

Багато хвороб рослин викликають через окислювальний стрес, і антиоксиданти можуть пошкодити їх тяжкість. Наприклад, застосування аскорбінової кислоти, потужного антиоксиданту, знижує захворюваність на бактеріальну гниль у рису, а використання саліцилової кислоти забезпечує стійкість томатів до грибкових захворювань.

Антиоксиданти також можуть підвищувати поживну цінність сільськогосподарських культур. Багато з них, наприклад, каротиноїди і флавоноїди, є кількістю поживних речовин для людей і тварин. Підвищення їх рівня у сільськогосподарських культурах збільшує їхню поживність. Наприклад, використання селену, потужного антиоксиданту, може підвищити вміст цього елемента в пшениці та рисі, що сприяє зниженню дефіциту селену в харчуванні певної групи населення.

Додатковою перевагою антиоксидантних препаратів є подовження терміну зберігання і збереження якості врожаю. Окислювальний стрес може призвести до пошкодження клітин, що знижує якість продукції. Антиоксиданти можуть допомогти зменшити цей ефект, забезпечуючи більше зберігання врожаю. Наприклад, застосування аскорбінової кислоти зменшує частоту післязбірної гнилі томатів і додає їх термін зберігання [5].

Водночас використання антиоксидантних препаратів у сільському

господарстві має і певні недоліки. Одним з них є виявлена можливість розвитку стійкості у рослинних патогенів, що може знизити ефективність антиоксидантів у забезпеченні здоров'я рослин. Інше занепокоєння погіршує залежність рослин від цих сполук, що може порушити їхню природну здатність справлятися з окислювальним стресом. Ще одним питанням є недостатність вивчення впливу цих сполук на навколишнє середовище. Деякі антиоксиданти, такі як селен, можуть бути токсичними у високих концентраціях, що може привести до непередбачуваних екологічних наслідків.

Тому при одночасному впливі на організм різних видів антиоксидантів їх ефективність підвищується. Проте навіть при невеликій кількості антиоксидантів в організмі окислення значно знижується. Саме тому основною функцією антиоксидантів є захист організму від агресивної поведінки вільних радикалів. Отже, антиоксиданти є важливою групою діючих речовин, які запобігають або зменшують окислення, викликане вільними радикалами, зокрема, вітамін А приймає участь у реакціях які відновлюють окислення, що сприяє обміну білків і жирів, а вітамін С захищає імунну систему, нейтралізує окислювачі з повітря, перешкоджає перекисному окисленню холестерину, дієсумарно з токоферолами і каротином тощо [33].

1.2. Механізм впливу антиоксидантів на сільськогосподарські культурах.

Відомо, що старіння живого організму визначається співвідношенням між антиоксидантами та вільними радикалами: чим більше антиоксидантів стосовно вільних радикалів, тим повільніше протікає процес старіння.

Механізм дії антиоксидантів полягає в тому, що вони, взаємодіючи з вільними радикалами, інактивують їх і запобігають таким чином розвитку процесів перекисного окислення ліпідів.

Вільні радикали – особливі хімічні часточки, що негативно впливають на біохімічні процеси, які відбуваються в живому організмі.

Вільні радикали є надзвичайно активними утвореннями (молекули, а точніше часточки, що мають неспарені електрони), які утворюються в процесі життєдіяльності живого організму, а також при впливі несприятливих факторів навколишнього середовища (радіація, забруднена атмосфера, посуха, хімічні сполуки й т.д.). Такі молекули «намагаються відняти» електрон в інших «повноцінних молекулах», внаслідок чого «потерпіла молекула» сама стає вільним радикалом – розривається руйнівна ланцюгова реакція, що згубно діє на живу клітину.

Негативна дія вільних радикалів проявляється в прискоренні старіння живого організму, провокації неправильного функціонування різних систем організму. Ці порушення пов'язані, насамперед, з ушкодженням клітинних мембран. У науковій літературі цей процес називається пероксидним окислюванням ліпідів, а результат руйнуючої дії – оксидативний стрес.

Вільні радикали можуть також проявляти мутагенні властивості, пов'язані з порушенням структури молекул ДНК (дизоксірибонуклеїнова кислота) і рибосомної РНК (рибонуклеїнова кислота).

Основним природним антиоксидантом, присутнім у живих тканинах, є а-токоферол (вітамін Е). Антиоксидантні властивості мають також біофлавоноїди, деякі фосфоліпіди, сірковмісні амінокислоти, каротиноїди, селен. На сьогодні найбільш ґрунтовно вивчено антиоксидантні властивості вітаміну Е [30].

Природно, здоровий живий організм сам справляється з вільними радикалами, що виникають у процесі природного метаболізму клітин, але несприятливі зовнішні умови приводять до ситуації, коли захисні сили організму вже не в змозі нейтралізувати надлишки агресивних часточок, при чому ризик у багато разів збільшується при стресових напругах.

При надлишку вільних радикалів і недоліку антиоксидантів в організмі, баланс порушується на користь вільних радикалів і відбувається переокислювання ліпідів мембран, білків і вуглеводів, нуклеїнових кислот і інших молекул клітини, що і є основною причиною передчасного старіння й

розвитку безлічі фізіологічних захворювань. Цей процес отримав назву оксидантного або окисного стресу.

У цей час питання вивчення виникнення вільних радикалів і їхнє регулювання в клітині становлять великий інтерес, тому що встановлено важливу роль вільнорадикального окислювального при різноманітних порушеннях діяльності клітин, у механізмах пухлинного росту, руйнівної дії іонізуючого випромінювання. У процесі еволюції природа створила захист проти руйнуючої дії вільних радикалів. Ці речовини – антиоксиданти.

1.3. Антиоксиданти: види, класифікація.

Антиоксиданти класифікуються за трьома принципами: походженням, хімічною будовою та механізмом дії [3].

За походженням антиоксиданти поділяють на природні (біоантиокисники) і синтетичні. В основу хімічної класифікації покладено число ароматичних кілець у структурі сполуки, яка має антиокиснювальну активність, і кількість замісників та кілець. Ця класифікація не охоплює всієї різноманітності сполук з антиокиснювальною дією. За механізмом дії до А. належать власне А. – синергісти, тобто речовини, які або слабо гальмують окиснення, або підсилюють дію справжніх антиоксидантів, самостійно не впливаючи на інтенсивність процесів ВРО, і група сполук зі змішаними властивостями.

Антиоксиданти бувають ферментативної природи (ферменти, що синтезуються еукаріотичними та прокаріотичними клітинами) та неферментні. Найвідомішими антиоксидантними ферментами (АОФ) є білки-каталізатори: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза та пероксидази.

АОФ є найважливішою (внутрішньою) частиною антиоксидантної системи організму. Завдяки АОФ кожна клітина в нормі здатна знищувати надлишок вільних радикалів, проте, при надлишку необезшкджених вільних

радикалів істотну роль захисту організму від окислювального стресу грає зовнішня частина антиоксидантної системи – антиоксиданти, одержувані з їжею.

Найбільш відомі неферментні антиоксиданти: аскорбінова кислота (вітамін С), токоферол (вітамін Е), β -каротин (провітамін А) та лікопін (у помідорах). До них також відносять поліфеноли: флавін та флавоноїди (часто зустрічаються в овочах), таніни (в какао, каві, чаї), антоціани (у червоних ягодах).



Рис. 2.2.1. Приклад неферментних антиоксидантів

Антиоксиданти поділяються на два великі підкласи залежно від того, чи є вони розчинними у воді (гідрофільні) або в ліпідах (ліпофільний). Загалом, водорозчинні антиоксиданти окислюються в цитозолі клітини та плазмі крові, тоді як ліпідорозчинні антиоксиданти захищають клітинні мембрани від перекисного окиснення ліпідів.

Антиоксиданти можуть бути синтезовані в організмі або надходити з раціону. Різні антиоксиданти присутні в широкому діапазоні концентрацій у рідинах і тканинах організму, при цьому деякі (глутатіон або убіхінон) переважно присутні всередині клітин, тоді як інші (сечова кислота) більш рівномірно розподілені. Деякі антиоксиданти можна знайти лише в окремих органах, ці сполуки можуть мати важливе значення у патогенезі та факторах

вірулентності мікроорганізмів.

Види антиоксидантів

Існують природні антиоксиданти – сполуки, які містяться в рослинах, серед яких вітаміни С, Е та А, мінерали, фітохімікати та поліфеноли.

Розберемо антиоксиданти, класифікація яких вказує на такі види та джерела цих сполук:

1. вітаміни (від окислювального стресу клітини захищають вітаміни С та Е. Їхніми джерелами є цитрусові, капуста, горіхи);
2. мінерали (Селен – мінерал, який міститься в деяких антиоксидантних ферментах. Зокрема селен є в горіхах);
3. фітохімікати та флавоноїди (до цих речовин відносяться, наприклад, каротиноїди, які можна споживати з помаранчевими, червоними та жовтими фруктами та овочами);
4. поліфеноли (мають високу антиоксидантну дію. Містяться в червоному вині, волоських горіхах, оливковій олії);
5. коензими та ферменти (допомагають знижувати окислювальний стрес та впливають на енергетичні процеси в клітинах).

Головні харчові антиоксиданти – вітаміни В₂, Е, С, бета-каротин, селен, цинк, залізо. У компанії з ними – лакто- та біфідобактерії: вони розкладають біохімічні речовини, здатні перетворитися на вільні радикали. Антиоксидантами є коензим Q₁₀, гормон шишковидної залози мелатонін, амінокислота цистеїн.

Вітамін А міститься у вареній печінці, вершковому маслі, вершках, сметані, молоці, яєчних жовтках, риб'ячому жирі.

Вітамін В₂ – у печінці, м'ясі, яйцях, крупах, молочних продуктах, хлібі з цільного зерна, темно-зелених овочах та горіхах.

Вітамін С – у капусті, лимоні, апельсині, ківі, зелених овочах з великим листям, полуницях, папайї, зеленому перці.

Бета-каротин – у моркві, гарбузі, абрикосах, червоному перці, спаржі, шпинаті, зеленому салаті, помаранчевих фруктах та цитрусових.

Вітамін Е – у цілісному зерні та рослинних оліях. Він очищає кров, знижує рівень холестерину.

Селен – у часнику та броколі. Захищає від серцевих захворювань, раку та депресії.

Залізо – у яловичині, баранині, яблуках, гранатах, буряках. А свіжі соки буряків, смородини та чорниці – навіть сильніші антиоксиданти, ніж червоне вино.

Цинк – у цільнозернових злаках (особливо в паростках, висівках), смаженої телячої печінки, гарбузовому та соняшниковому насінні, сухих дріжджах. Чемпіонами з вмісту цинку є устриці [4].

Антиоксиданти можна розділити на три групи:

1. Сполуки, які виробляє організм людини. Одним із завдань цих клітин є безпосередній захист тканин від окислювачів. Але їх недостатньо, щоб впоратися з цією складною роботою.

2. Антиоксиданти природного походження (маємо на увазі харчові продукти). Ці сполуки потрапляють в організм із зовні. Природні антиоксиданти є в більшість овочів і фруктів, спеції та лікарські трави.

3. Штучні антиоксиданти. До цієї групи відносяться синтетичні біологічні добавки та вітамінні препарати.

Таким чином залежно від походження антиоксидант може діяти в кількох напрямках [41, 45]:

- знищують реактивні ланцюги, вступають в контакт з вільними радикалами і дають продукти, які не дуже реакційно здатні;
- знижують швидкість окислення;
- стимулюють антиоксидантну систему тканин.

Виділяють такі антиоксиданти:

– Бета-каротин, та інші групи каротиноїдів. Саме ці речовини виступають природними пігментами, які формують колір фруктів і овочів.

– Поліфеноли. Однозначно, це найбільша група антиоксидантів. У рослинному середовищі спектр антиоксидантів надзвичайно широкий.

- Вітаміни А, Е і С.
- Також можна розглядати мінерали та мікроелементи (селен, мідь, цинк, марганець).

Вітамін А є потужним акцептором пероксидних радикалів, це пов'язано зі здатністю активно поглинати пероксидні речовини [13, 46]. Антиоксидантна дія цього вітаміну також опосередкована, оскільки відомо, що ретинол сприяє синтезу в організмі сірковмісних амінокислот, це стосується особливо L-цистеїну. Останній компонент одночасно визначають як структурний компонент глутатіону та через присутність сульфгідрильної функціональної групи в наданні антиоксидантної дії. Враховуючи антиоксидантні властивості ретинолу та його природних харчових попередників, а саме провітаміну А- α -, β - та γ -каротину, з якого вітамін А синтезується в клітинах печінки [30].

Вітамін А також допомагає активній частині процесів, які сприяють окисленню, регулюють синтез білка, сприяють здоровому метаболізму і функції клітинних і субклітинних мембран. Він також впливає на формуванні кісток і зубів, а також жирових відкладень. Сприяє росту нових клітин і уповільнює процес старіння.

Вітамін Е (токоферол) сприяє захисту вітаміну А від окислення. При нестачі вітаміну Е вітамін А не засвоюється в достатній кількості, саме тому ці два вітаміни необхідно вводити разом. Саме вітамін Е – це кращий жиророзчинний антиоксидант для захисту клітинної мембрани. Чим вищий рівень вітаміну Е в клітинній мембрані, тим вище здатність ліпопротеїдів до захисту від окислення [1, 18, 44]. Вітамін Е (токофероли та їх ефіри) [1, 4] отримують з олії насіння зародків пшениці, насіння гарбуза [5, 6].

Механізм фармакологічної дії вітаміну Е полягає в тому, що він запобігає окисленню жирів, жирних кислот і стеролів. Антиоксидантна дія вітаміну спостерігається при великих концентраціях активних форм кисню. Клітинні мембрани та внутрішньоклітинне утворення стабілізує вітамін Е, що є необхідною умовою для захисту основного хроматину та ДНК від руйнівної дії вільних радикалів.

Вітамін С являється одним з найпоширеніших антиоксидантів, він сприяє захисту організму від бактерій та вірусів, протизапальних та антиалергічних дій, покращує імунну систему та збільшує ефективну дію інших антиоксидантів, таких як селен та вітамін Е. Як відомо вітамін С також стимулює синтез групи гормонів, куди входять також антистресові. Корегує процеси гематопоезису та нормалізує проникність капілярів, а також бере участь у синтезі колагенового білка, який необхідно для росту клітин, тканин, кісток та хрящів [50, 51].

Вітамін С є водорозчинним, і таким чином він є найкращим антиоксидантом для руйнування вільних радикалів. Цей вітамін здатний відновлювати вітамін Е та внутрішньоклітинний глутатіон [10], а також захищає ліпопротеїди низької щільності від окислення у плазмі і в субендотеліальному просторі, перешкоджаючи цим виникненню атеросклерозу [1, 18, 44]. Антиоксиданти потребують деяких кофакторів ферментативних реакцій, у яких вони беруть участь [4]. В основному це наступні кофактори: фолієва кислота, вітаміни В₁, В₂, В₆ і В₁₂, які організм людини отримує переважно з овочів і фруктів [1, 4,].

Найкращим антиоксидантом на рівні клітини є глутатіон, який здатний посилювати дію таких антиоксидантів, як вітамін С, Е, кофермент Q10 та альфа-ліпоєву кислоту [1, 4]. Альфа-ліпоєва кислота, яка міститься в мітохондріях і бере участь в енергетичному обміні, знижуючи окислення, за рахунок збільшення антиоксидантних ферментів, має здатність проникати в мозок, що важливо для профілактики захворювань мозку. Вітамін Коензим Q10 – (убіхінон), отримують шляхом біотехнологічного синтезу та з харчової сировини [1].

Незамінні жири необхідні для побудови здорових клітинних мембран, підтримують нормальний рівень холестерину, зменшують прояви атеросклерозу, підвищують еластичність стінок кровоносних судин [46]. Дві найбільш важливі незамінні жирні кислоти, які не синтезуються організмом людини, а надходять з їжею – це жирні омега-3 кислота (α -ліноленова,

ейкозапантаєнова, докозагексаєнова) і жирні омега-6 кислоти (лінолева, γ -ліноленова, ліноленова) [46]. Жирні омега-6 кислоти присутні в олії смородини і гарбуза. Омега-3 – містяться в різних видах рослинних олій: гарбузовій, обліпиховій та насіння льону, а також в арктичних видах риб [4, 46].

На основі принципів доказової медицини отримані дані щодо біологічної ролі для людини біологічно активних речовин рослинного походження, до яких відносяться флавоноїди [1]. Практично усі фрукти, овочі та продукти рослинного походження, особливо зелений чай, гінкго білоба, містять фітонутрієнти, які є потужними антиоксидантами [1]. До них відноситься екстракт виноградних кісточок, що містить ресвератрол [5, 6, 42] – антиоксидант, поліфонічний біофлавоноїд, ефективний для нейтралізації наслідків стресів, який пригнічує процес окислення ліпідопротеїдів, забезпечуючи стабільність клітинних мембран і зміцнення стінок судин [46]. Відтак, застосування природних антиоксидантів усуває причину захворювань і створює оптимальні умови для збереження якості життя.

1.4. Використання антиоксидантів у практиці зберігання сільськогосподарської продукції.

На сьогодні у практиці зберігання плодів особлива увага приділяється можливості використання природних препаратів. У закордонній і вітчизняній практиці для тривалого зберігання плодів застосовується й проходить апробацію цілий комплекс хімічних сполук, які володіють антиоксидантними властивостями.

Зберігання плодів із застосуванням антиоксидантів є однією з найбільш перспективних технологій, і вчені багатьох країн світу ведуть дослідження в цій області.

Плоди обробляють антиоксидантними препаратами до збирання (на материнській рослині) і після знімання.

Обробка плодів антиоксидантами істотно впливає на їх лежкість і якість

при зберіганні. Природні або синтетичні антиоксиданти гальмують процеси окислювання органічних сполук плодів.

При вивченні мутагенних властивостей багатьма дослідниками доведено, що застосування багатьох синтетичних антиоксидантів для харчових продуктів може бути небезпечно для людського організму з генетичної точки зору.

У зв'язку з цим розробляються біоантиоксидантні препарати, які не мають токсичної дії на людину. Такі антиокислювачі як аскорбінова кислота, вітамін Е, вітамін А мають антимуtagenні властивості ефективно знижуючи генотоксичну дію деяких ліків, інсектицидів, пестицидів.

Найбільш часто в якості біоантиоксидантів використовується аскорбінова кислота (АК), основною властивістю якої є здатність до оборотних окислювально-відновних перетворень.

Встановлено, що аскорбінова кислота може проявляти як антиоксидантні, так і проантиоксидантні властивості. При використанні великих доз аскорбінової кислоти проявляється її антиоксидантна дія.

У складі багатьох антиокисних препаратів як антиоксидант виступає токоферол.

Однак через низьку проникаючу здатність аскорбінової кислоти та токоферолу і відсутність антисептичних властивостей у комплексі препарати вводяться речовини, які повинні компенсувати названі недоліки. Такою речовиною може бути *диметилсульфоксид* (ДМСО).

ДМСО – відмінний антисептик. 0,25–10%-ві розчини його мають бактеріостатичний ефект, а 15–50 %-ві – бактерицидний ефект.

ДМСО володіє антиоксидантними властивостями. ДМСО належить до антиоксидантів, які зв'язують активні форми кисню, завдяки здатності легко окислятися до відповідного сульфону.

З 1994 року в Таврійському державному агротехнологічному університеті разом з ІВіВ «Магарач» розпочаті широкомасштабні дослідження з удосконалення елементів технології зберігання плодів груші, яблуні із застосуванням антиоксидантів. Наводяться дані про високу ефективність

антиоксидантів для післязбиральної обробки плодів.

Запатентовані нові комплекси антиоксидантні препарат, до складу яких входять токоферол, диметилсульфоксид, вода. Лецитин у якості ефективного природного емульгатора, а також як антиоксидант і стабілізатор, широко застосовується при виробництві харчових продуктів (хліба, шоколаду, маргарину, кондитерських виробів, морозива й т.д.), у косметичній промисловості й у медицині.

Рекомендована для виробництва також сполука, що містить L – аскорбінову кислоту, диметилсульфоксид, гліцерин.

Літературні дані останніх років свідчать про те, що флавоноїди є ефективними антиоксидантами, які гальмують утворення активних форм кисню. Проведені численні дослідження з вивчення антиоксидантних властивостей у складі рослинних екстрактів: водний екстракт кори сосни, водний екстракт з виноградної кісточки.

Застосування зазначених препаратів дозволяє збільшити вихід товарної продукції за рахунок скорочення витрат від мікробіологічних і фізіологічних захворювань і продовжити строки зберігання плодів.

Таким чином, встановлено, що антиоксиданти впливають на якість і лежкоздатність плодів.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИОКСИДАНТІВ НА ВИРОЩУВАННЯ ПАСЛЬОНОВИХ КУЛЬТУР

2.1. Матеріали, умови та методика дослідження.

Експериментальна робота проводилась з березня 2024 року по липень 2024 року.

Основний метод дослідження – вегетаційний. У вегетаційному експерименті досліджувався вплив антиоксидантів на вирощування пасльонових культур, томату звичайного (*Lycopersicon esculentum*) сорту Балконне диво.

Під час магістерського дослідження основна увага була зосереджена на визначенні особливостей впливу антиоксидантів на ріст та розвиток пасльонових культур, вплив антиоксидантів на врожайність, якість, тривалість зберігання та товарний вигляд плодів томату звичайного (*L. esculentum*).

Тестовою культурою нами було обрано рослини томату (*L. esculentum*) сорту Балконне диво. Ця тестова культура була обрана з огляду наступних її характеристик:

- строки дозрівання томату звичайного (*Lycopersicon esculentum*) сорту Балконне диво – ультра скоростиглий; термін дозрівання становить від повних сходів до початку плодоношення 85–100 днів;
- рослина низькоросла, штамбова, детермінантна, висотою 50 см;
- томат Балконне диво можна вирощувати у невеликих ємкостях, на балконах і у відкритому ґрунті; не потребує пасинкування та підв'язки;
- сорт Балконне диво має дуже компактний кущ і може вирощуватись у кімнатних умовах на підвіконні;
- урожайність сорту становить 1,8–2,0 кг з однієї рослини;
- плід маленький, масою до 60 г, округлий, гладенький або слабо ребристий, забарвлений в інтенсивно-червоний колір;

– сорт стійкий до фітофтори та несприятливих погодних умов (рис. 2.1.1).

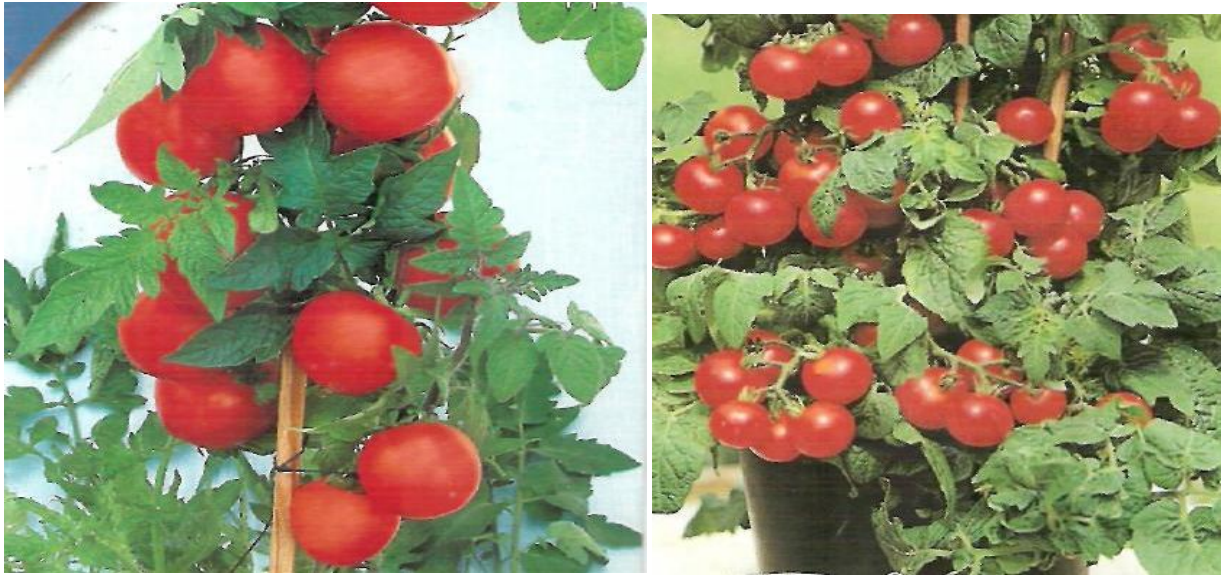


Рис. 2.1.1. Рослини томату сорту Балконне диво. Загальний вигляд

Дослідження здійснено в тепличному боксі власного домогосподарства. Пророщування, пікірування, фенологічні спостереження тестової культури проводили в автоматично-регульованому режимі дрібнодисперсного зволоження. У теплиці підтримували температуру повітря на рівні $+25...+30^{\circ}\text{C}$, вологість 80–90%. Температура води для поливу рослин й зволоження повітря становила $+18...+23^{\circ}\text{C}$.

Субстратом для вирощування рослин томату сорту Балконне диво використовували ґрунтосуміш для розсади «Щедра земля» від ТД Кісон, що мала такий склад: різні види торфу, кокосове волокно, перліт, вапняні добавки, пісок з рН 6,0. Вологість ґрунту складала 60–65% від повної вологоємності.

Для якісної оцінки впливу антиоксидантів на рослинний організм експеримент проходив у декілька етапів: вирощування розсади, виготовлення розчинів з антиоксидантами, посадка рослин в ґрунт, догляд та спостереження за рослинами.

На етапі вирощування розсади нами було відібрано по 100 здорових насінин, однакових за розмірами, які були розміщені у чашки Петрі. Для

проведення експерименту було обране повноцінне насіння томатів, яке не було забруднене домішками. Повноцінність насіння визначалась за допомогою методики по визначенню чистоти насіння (додаток А). Маса 1000 насінин визначалась за методикою «Визначення маси 1000 насінин» і відповідала нормі, яка становила 3,55 гр. на кожні 100 насінин (додаток Б). Відібране насіння було поміщене на фільтрувальний папір чашок Петрі. По чашкам насіння розкладалося таким чином щоб, насінини не торкалися одне одного.

Далі проросле насіння висівалось у спеціально підготовлений ґрунт для вирощування расади, який складався з компостної землі, перегною та піску в співвідношенні 1:2:1. На 10 кг такої суміші добавили 500 г попелу. Насіння висівалося з шириною міжряддя 4–5 см, глибиною – 0,5–1 см. Дата посіву 02.03.24 р. До появи сходів температура повітря була 23–25°C, ґрунту 24°C. З появою сходів температуру повітря було знижено до 12–16°C, ґрунту до 15–16°C. Через 6 днів температуру повітря було підвищено до 18–20°C.

Подальша робота полягала у визначенні розчинів з антиоксидантами. У якості основного компоненту таких розчинів вчені рекомендують аскорбінову (вітамін С), абсцизову, саліцилову або бензойну кислоти. Використання цих кислот вченими обумовлений їх властивістю підвищувати стійкість рослин до хвороб і стресостійкості. Для нашого дослідження вчені рекомендують насіння помідорів замочувати рідиною 17.6–193.6 мг/л або обприскувати томати на стадії розсади з метою покращення їх стійкості до хвороб; обприскування плодів томатів на стадії плодоношення для підвищення їх стійкості до *Botrytis cinerea*.

З огляду на вище окреслене нами було обрано аскорбінову кислоту в якості антиоксиданта. Наш вибір обумовлений наступними її характеристиками:

– аскорбінова кислота є стимулятором формування щільних, важких суцвіть і плодів;

- вона проявляє властивості антиоксиданту, захищаючи як рослину так і компоненти живильного розчину від згубного окисного дію вільних радикалів і інших речовин;
- аскорбінова кислота допомагає рослинам впоратися зі стресами від посухи і ультрафіолетового випромінювання;
- мікротоксична;
- легко розчиняється у воді;
- бере участь в окисно-відновному ефекті в системі транспорту електронів у рослинах, сприяє метаболізму рослин.

За рекомендаціями вчених сприятливим розчином для підвищення стійкості рослин до стресостійкості, хвороб, строків зберігання та товарного вигляду плодів знаходиться у межах 0,1%. Зменшення або перевищення у розчині аскорбінової кислоти призводить до пригнічення росту і розвитку рослин. Відтак, розчинами аскорбінової кислоти для проведення дослідження були обрані 1% і 0,1% розчини. Аскорбінова кислота для розчинів використовувалась у вигляді порошку.

Для приготування 0,1% аскорбінової кислоти ($C_6H_8O_6$) нами було взято 1 г аскорбінової кислоти, котрий розвели в 1000 мл води. Для приготування 1% аскорбінової кислоти ($C_6H_8O_6$) використовували ту ж саму схему, але замість 1 г аскорбінової кислоти розводили 10 г [19]. Розчини добре перемішували, доки аскорбінова кислота повністю не розчинилася. Оскільки розчин аскорбінової кислоти кислий і швидко окислюється до дегідроаскорбінової кислоти після контакту з повітрям, то перед кожним оприскуванням розчини готувались свіжі.

Обраними розчинами проводилось оприскування дослідних рослин: залитий у пульверизатор розчин у розпилювали на листя та кореневу зону рослин, при цьому уникаючи попадання рідини на квіти та брудні її частини. Обробку розчинами проводили один раз на 3 тижні.

У контрольному варіанті обробка рослин не проводилась.

З метою всебічної і докладної характеристики рослини всіх варіантів в їх онтогенезі (I, II, III, IV пари листя, в фазі бутонізації, початку цвітіння, плодоношення) нами були визначені наступні параметри: загальну висоту і загальну масу рослин, довжину кореня (за Б.А. Доспеховим, 1968), об'єм кореневої системи, число і площу листків, вологу і суху масу коренів і надземних частин. Для морфологічного аналізу з кожної повторності відбиралися типові рослини в кількості 10 штук.

Об'єм кореневої системи вимірювався у см², волога, суха маса та площа листків у см.

Загальна висота рослини вимірювалася від основи стебла до верхньої точки витягнутого листа.

Маса рослини та маса коріння визначалася методом зважування.

Довжина кореня вимірювалася від кореневої шийки до кінчика найбільшого кореня.

Площа листків визначалась за методикою «Визначення інтенсивності транспірації та відносної транспірації ваговим методом» (додаток Г).

Об'єм кореневої системи визначався за методикою «Визначення об'єму кореневої системи (за Д.А. Сабініним та І.Д. Колосовим)» (додаток Д).

Число листків визначали методом обчислення.

На основі одержаних даних для кожної ознаки визначили середню арифметичну та її похибку за допомогою яких виявили певні закономірності. Середня арифметична \bar{x} являє собою узагальнюючу, абстрактну характеристику всієї сукупності в цілому. Якщо суму всіх варіантів ($X_1 + X_2 + \dots + X_n$) позначити через $\sum x$, а число всіх варіантів через n , то формула для визначення простої середньої арифметичної буде мати такий вигляд:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}.$$

Основні властивості середньої арифметичної полягають у рівності суми всіх позитивних та негативних відхилень від неї, тобто сума центральних відхилень всіх окремих варіантів від \bar{x} дорівнює нулю:

$$\sum(X - \chi) = (X_1 - \chi) + (X_2 - \chi) + \dots + (X_n - \chi) = 0.$$

Якщо $\sum(X - \chi)$ не дорівнює нулю до в обчисленні допущено помилку.

Вплив антиоксидантів на врожайність плодів проводили шляхом підрахунку кількості плодів в експериментальному та контрольному варіантах. Якість плодів досліджували за допомогою органолептичної оцінки та методу бальної оцінки.

Органолептична оцінка – оцінка відповідної реакції органів чуттів людини-ни на властивості харчового продукту як досліджуваного об'єкта, яка визначається за допомогою якісних і кількісних методів. Якісна оцінка виражається за допомогою словесних описів, а кількісна, що характеризує інтенсивність відчуття, – у числах (шкалах) або графічно. До органолептичної оцінки входять: дегустація, смак, запах, консистенція, аромат, букет.

Дегустація – випробування, що проводяться групою осіб для органолептичної оцінки зовнішнього вигляду, кольору, текстури, смаку, запаху продукту з метою визначення його якості.

Смак – відчуття, що виникає в результаті взаємодії смакового стимулу з рецепторами, відображає властивості стимулу та фізіологічні особливості індивіда.

Запах – відчуття, що виникає в результаті взаємодії нюхового стимулу з рецепторами, відображає властивості стимулу та фізіологічні особливості індивіда.

Текстура – мікроструктура харчового продукту, тобто система взаємного розташування його структурних елементів, що органолептично характеризується комплексом зорових, слухових, дотикових відчуттів, які виникають під час розжовування продукту.

Консистенція – характеристика текстури, що виражає сукупність реологічних властивостей харчового продукту.

Аромат – природний, характерний запах продукту (аромат свіжих фруктів, прянощів).

Букет – запах, що виникає під час дозрівання, шумування, ферментації (букет сиру, вина, чаю).

Метод бальної оцінки передбачав такі рівні якості: дуже погана якість – 1; незадовільна – 2; задовільна – 3; добра – 4; дуже добра – 5. Нижче проілюстровано специфіку стандартної 5-бальної оцінювання (табл.2.1.1).

Таблиця 2.1.1

Стандартна таблиця 5-бальної оцінювання харчових продуктів

Показник	Бальна шкала				
	5	4	3	2	1
Загальний вигляд	Дуже добрий	Добрий	Середній	Малопри-вабливий	Неапетит-ний
Кольори:					
інтенсивність	Дуже яскраво виражена	Яскраво виражена	Середня	Слабка	Дуже слабка
бажаність	Висока	Середня	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана
Форма	Високо-бажана	Середньо-бажана	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана
Запах:					
інтенсивність	Дуже яскраво виражена	Яскраво виражена	Слабко виражена	Відчутна	Невідчутна
бажаність	Високо-бажана	Середньо-бажана	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана
Соковитість:					
інтенсивність	Дуже соковита	Соковита	Слабко-соковита	Суша	Дуже суха
бажаність	Високо-бажана	Бажана	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана
Крихкість і консистенція:					
інтенсивність	Дуже крихка	Крихка	Злегка тверда	Тверда	Дуже тверда
бажаність	Високо-бажана	Бажана	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана
Смак:					
інтенсивність	Дуже яскраво виражена	Яскраво виражена	Слабко виражена	Відчутна	Невідчутна
бажаність	Високо-бажана	Середньо-бажана	Нейтральна	Середньо-небажана	Високо-небажана

Оцінка органолептичних властивостей плодів вираховувалась шляхом визначенням сумарного або середнього балу і визначенням балу з урахуванням коефіцієнтів важливості.

Тривалість зберігання та оцінка товарного вигляду плодів томатів сорту Балконне диво проводилось наступним чином: отримані плоди було поділено на два варіанти: I – оброблялись 0,1% розчином аскорбінової кислоти, II – оброблялись 1% розчином аскорбінової кислоти, III варіант – контроль.

Для встановлення тривалості зберігання плодів відбиралися плоди технічного ступеня стиглості (забарвлені в основний колір на 80...90%) однорідні за розміром. Плоди занурювали в 0,1% розчин аскорбінової кислоти з температурою 45 °С на 15 хв. Після висихання плоди вкладали в ящики, вистелені поліетиленовою плівкою і зберігали при 7°С і відносній вологості 95%. Параметри якості плодів томатів оцінювали після зберігання.

Оскільки зберігання плодів передбачає наявність холоду, то на нашу думку за доцільне було б дослідити вплив антиоксидантів на процеси пошкодження холодом.

Першими ознаками холодового пошкодження помідорів є втиснуті крапочки діаметром близько 1 мм, що з часом розростаються, далі відбувається підшкірне розм'якшення плодових тканин. Товарна якість плодів з початковими ознаками переохолодження залишається цілком прийнятною протягом ще 2...3 діб. Холодовим пошкодженням вважали втиснуті плямки на шкірці плодів розміром більше 2 мм. Ступінь холодового пошкодження оцінювали за суб'єктивною шкалою від 0 до 3 балів та виражали через індекс пошкодження холодом [15]. Шкала: 0 – відсутні пошкодження; 1 – незначні пошкодження (менш ніж 10% поверхні плоду); 2 – помірне пошкодження (від 10 до 30% поверхні плоду), і 3 – суттєве пошкодження (більш ніж 30%). Індекс пошкодження холодом (I) обчислювали за формулою:

$$I = \frac{N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3}{S},$$

S

де N_1 , N_2 , N_3 – кількість плодів з відповідним до шкали ушкодженням холодом; S – загальна кількість плодів.

Товарна якість помідорів регламентується ДСТУ 3246-95 Томати свіжі. Технічні умови. Відповідно до вимог цього нормативного документу, визначали кількість стандартної, нестандартної продукції та відходів.

2.2. Аналіз впливу антиоксидантів на ріст та розвиток рослин.

Під час визначення особливостей впливу антиоксидантів на ріст та розвиток пасльонових культур були застосовані ретельні фенологічні спостереження, результати яких розміщені у таблиці 2.2.1.

У результаті фенологічних спостережень ми з'ясували, що насіння, оброблене 0,1% розчином аскорбінової кислоти, проросло на 4 дні раніше від контролю. Повні ходи спостерігалися із насіння обробленого 0,1% розчином аскорбінової кислоти через 2 дні, 1% розчином $C_6H_8O_6$ через 3 дні, у контролі через 4 дні після появи сходів.

Таблиця 2.2.1

Фенологічні спостереження за рослинами томатів сорту Балконне диво

Варіант досліджу	Дата посіву	Поява сходів	Повні сходи	Пари листя				Бутонізація	Початок цвітіння	Поява плодів
				I	II	III	VI			
0,1%, р-н $C_6H_8O_6$	02.03	05.03	7.03	12.04	19.04	7.05	17.05	20.05	8.06	27.06
1%, р-н $C_6H_8O_6$	02.03	11.03	15.03	18.04	25.04	12.05	25.05	30.05	12.06	4.07
Контроль	02.03	09.03	13.03	14.04	22.04	10.5	22.05	25.05	10.06	30.06

На цій фазі онтогенезу рослин томатів спостережено, що сходи були міцними, коренастими і не витягувалися через оптимальний температурний,

світловий та водний режим. Тобто суттєвих відмінностей не спостерігалось, різниця була лише у строках появи сходів (рис. 2.2.1).



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

1%, р-н $C_6H_8O_6$

контроль

Рис. 2.2.1. Сходи рослин томатів дослідних варіантів на 13.03.2024.

I пара справжніх листків

Перша пара справжніх листків у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти з'являлася 12.04.24 р., в оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти, 18.04.24 р., що на 4 дні пізніше, ніж у рослин контролю, які вступали в цю фазу 14.04.24 р.

Слід зазначити, що вже на перших етапах рослини оброблені 1% розчином аскорбінової кислоти відставали у своєму розвитку від рослин насіння, яких було оброблене 0,1% розчином аскорбінової кислоти та контролю. На рисунку 2.2.2 відображено вище описане спостереження.



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

Рис. 2.2.2. Залежність росту і розвитку рослин томатів сорту Балконне диво від концентрації $C_6H_8O_6$ на етапі схожості рослин.

Перший справжній лист всіх рослин складався з трьох основних часток, які мали видовжену яйцеподібну форму, загострену верхівку, нерівнобоку форму основи, краї часток листка розсічені з тупими кінцями.

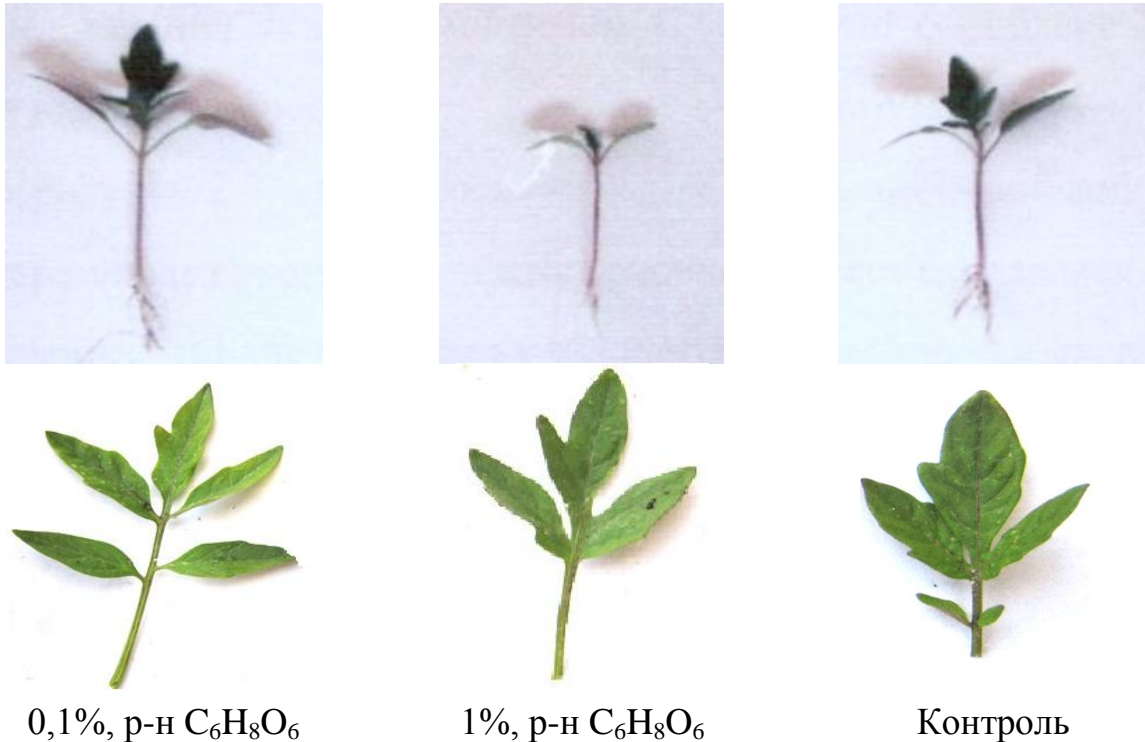


Рис. 2.2.3. Томати сорту Балконне диво, фаза I пари справжніх листків.

Коренева система у фазу I пара справжніх листків

Томати мають стрижневу кореневу систему, що складається з головного кореня та великої кількості додаткових. У фазі I пари справжнього листя можна побачити, що головний корінь ще слабо розвинений, а кількість додаткових коренів першого порядку незначна, особливо у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти (рис. 2.2.4).

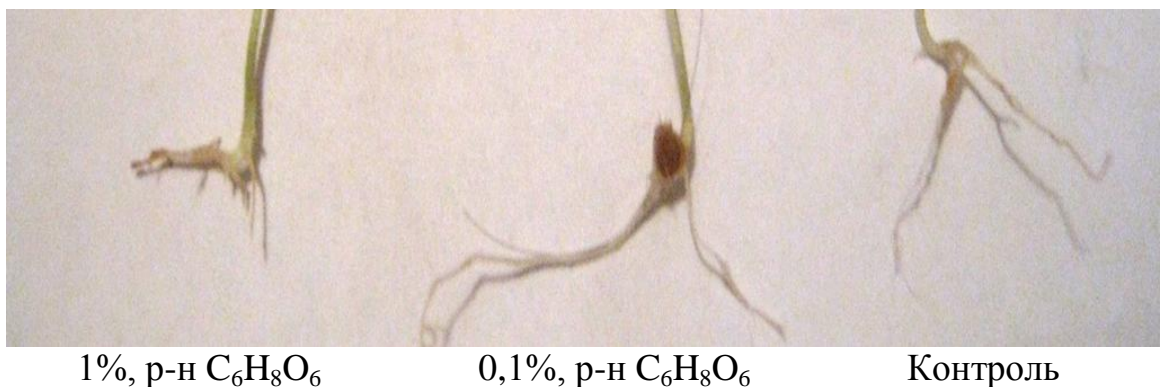


Рис. 2.2.4. Коренева система томатів сорту Балконне диво у фазу I пара справжніх листків

У фазі I пари справжніх листків спостережено незначну масу коріння, як в оброблених рослин (обролені 0,1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 0,04 г, обролені 0,1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 0,02 г), так і рослин контрольного варіанту (0,01 г).

II пара справжніх листків

Друга пара справжніх листків у рослин контрольного варіанту з'явилася на 3 дні пізніше ніж у рослин, насіння яких було оброблене 0,1% розчином аскорбінової кислоти та на 4 днів пізніше рослин з насіння, обробленого 1% розчином аскорбінової кислоти.

З рисунку 2.2.5 видно, що рослини, котрі були оброблені 0,1% розчином аскорбінової кислоти добре росли і розвивалися. Друга пара справжнього листя складалася з п'яти основних дольок, які мали цілком сформовані листові пластинки на відміну від рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти. Рслини контрольного варіанту не сильно відрізнялись за морфологічними показниками від рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти.



1%, р-н $C_6H_8O_6$



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$



Контроль

Рис. 2.2.5. Томати сорту Балконне диво, фаза II пари справжніх листків.

Коренева система у фазу II пара справжніх листків

Коренева система на цьому етапі була більш сформована. Вона мала виражений головний корінь і велику кількість додаткових коренів іншого порядку (рис. 2.2.6).



1%, р-н $C_6H_8O_6$



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$



Контроль

Рис. 2.2.6. Коренева система томатів сорту Балконне диво у фазу II пара справжніх листків.

У фазі II пари справжніх листків спостережено такі показники маси коріння:

- у рослин оброблених 0,1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 0,14 г,
- у рослин оброблених 1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 0,06 г,
- у рослин контрольного варіанту маса коріння знаходилась у межах 0,08

г.

Приріст маси кореневої системи у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 0,10 г, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 0,08 г, у рослин контрольного варіанту – 0,05 г (табл. 2.2.2).

III пара справжніх листків.

Третя пара справжніх листків з'явилась у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти – 7.05.24 р., у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 12.05.24 р. Ця фаза наступала у рослин, з меншою концентрацією аскорбінової кислоти раніше на 3 днів ніж у рослин контрольного варіанту, які вступили в цю фазу 10.05.24 р. Рослини, оброблені 1% розчином аскорбінової кислоти у цю фазу вступили на 2 дні пізніше за

рослин контролю і на 5 днів від рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти. Ці показники вже на цій фазі розвитку рослин засвідчують пригнічуваний вплив надмірної концентрації антиоксидантів у поживних розчинах.

На рисунку 2.5 ми бачимо загальний вид томатів у фазі III пари справжнього листя.



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Рис. 2.2.7. Томати сорту Балконне диво, фаза III пари справжніх листків.

Слід зазначити, що загальна висота рослин на цьому етапі у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склала 21,6 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 13,0 см, у рослин контрольного варіанту – 19,2 см (табл. 2.2.2).

Приріст висоти у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 8,7 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 4,4 см, у рослин контрольного варіанту – 6,8 см.

Коренева система у фазу III пара справжніх листків.

Коренева система на цьому етапі мала добре сформовані головний корінь, велику кількість додаткових коренів першого порядку, які в свою чергу

утворили корені другого порядку. Але слід відмітити, що у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти корені другого порядку були добре розвинені, як у рослин контрольного варіанту. У той же час у рослин оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти вони ще тільки починали формуватися (рис.2.2.8).



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Рис. 2.2.8. Коренева система томатів сорту Балконне диво у фазу III пара справжніх листків

IV пара справжніх листків

У рослин контролю четверта пара справжніх листків з'явилася 22.05.24, що на 5 днів пізніше, ніж у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти (17.05.24) та на 2 дні раніше ніж у рослин 1% розчином аскорбінової кислоти (25.05.24) (рис. 2.2.9).

0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Рис. 2.2.9. Томати сорту Балконне диво, фаза IV пари справжніх листків

Коренева система у фазу IV пара справжніх листків.

Довжина коріння на цьому етапі у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти становила 15,2 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 10,3 см, а у контролі – 14,3 см, тобто на 4–4,9 менша. Приріст довжини кореня у фазі четвертої пари справжнього листя досягав свого максимуму і складав відповідно 4,8 см, 4,9 см та 3,5 см для контрольних рослин (табл. 2.2.2).

У рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти та контрольного варіанту головний корінь мав велику кількість додаткових коренів першого, другого та третього порядку, які були добре розвинені. У рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти коренева система поступалася в своєму рості та розвитку (рис. 2.2.10).

0,1%, р-н $C_6H_8O_6$ 1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

Рис. 2.2.10. Коренева система томатів сорту Балконне диво у фазу IV

пара справжніх листків

Фаза бутонізації

Фаза бутонізації у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти розпочалася 20.05.24 р., у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти 30.05.24 р., рослини контрольного варіанту вступили у цю фазу через 5 днів – 25.05.24 р.

На рисунку 2.2.11 відображено загальний вид томатів у фазі бутонізації.

0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Рис. 2.2.11. Томати сорту Балконне диво, фаза бутонізації.

Загальна висота рослин на цьому етапі у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склала 37,7 см, у рослин, оброблених 1%

розчином аскорбінової кислоти – 25,7 см, у рослин контрольного варіанту – 34,3 см (табл. 2.2.2).

Приріст висоти у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 3,2 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 2,5 см, у рослин контрольного варіанту – 2,7 см.

Отже, у результаті спостережень ми з'ясували, що у фазу бутонізації ріст рослин ставав повільним і приріст висоти на цьому етапі був незначним.

Коренева система у фазу бутонізації

Довжина коріння на цьому етапі у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти становила 16,1 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 10,9 см, а у контролі – 15,7 см.

Приріст довжини кореня у фазі бутонізації у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 0,9 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 0,6 см, у рослин контрольного варіанту – 1,4 см. (табл. 2.2.2).

На рисунку 2.2.12 відображено загальний вид кореневої системи томатів у фазі бутонізації.



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$

Контроль

1%, р-н $C_6H_8O_6$

Рис. 2.2.12. Коренева система томатів сорту Балконне диво у фазу бутонізації

Початок цвітіння

У фазу початку цвітіння рослини, оброблені 0,1% розчином аскорбінової кислоти вступили 8.06.24 р., рослини, оброблених 1% розчином аскорбінової

кислоти – 12.06.24 р. Ця фаза наступала у рослин, з меншою концентрацією аскорбінової кислоти раніше на 2 днів ніж у рослин контрольного варіанту, які вступили в цю фазу 10.06.24 р. Рослини, оброблені 1% розчином аскорбінової кислоти у цю фазу вступили на 2 дні пізніше за рослин контролю і на 4 дні від рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти.

На рисунку 2.2.13 візуально зображено початок бутонізації рослин дослідних варіантів.



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$



1%, р-н $C_6H_8O_6$



Контроль

Рис. 2.2.13. Томати сорту Балконне диво, фаза початку бутонізації.

У результаті подальшого розвитку почали утворюватися квітки томатів. Квіти були жовтого кольору, склалися з 7 зелених чашолистків, які вкриті 5 ними залозистими волосками, 7 жовтих пелюстків, 7 зрослих у вигляді віночка тичинок та ниткоподібного стовпчика, який закінчувався приймочкою. Зав'язь була двогнізда. Квітки у рослин, що оброблялись 0,1% розчином аскорбінової

кислоти були однакові за розмірами в порівнянні з тими, які оброблялись 1% розчином аскорбінової кислоти.

Це пов'язано насамперед з тим, що після закладення четвертої пари справжніх листків у точці росту томату відбулася диференціація, в результаті якої замість чергового листа починав розвиватися бутон квіткової китиці. Кількість бутонів у плодовій китиці у кожного з варіантів була однаковою.

На цьому етапі загальна висота рослин у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склала 39,3 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 25,9 см, у рослин контрольного варіанту – 35,0 см (табл. 2.2.2).

Приріст висоти у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 2,9 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 1,8 см, у рослин контрольного варіанту – 2,5 см.

Коренева система у фазу початку цвітіння

Коренева система на цьому етапі повністю сформована, має добре виражений головний корінь, велику кількість додаткових коренів першого порядку, другого порядку та додаткових коренів, що виконують функцію додаткового укорінення у ґрунті. Ця закономірність яскраво простежується у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти та у рослин контрольного варіанту. Натомість у рослин оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти коренева система відстає у розвитку і має гірші показники.

Приріст довжини кореня у фазі початку цвітіння у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 0,9 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 0,6 см, у рослин контрольного варіанту – 0,7 см. (табл. 2.2.2).

Показники маси коріння засвідчили такі дані:

- у рослин оброблених 0,1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 11,81 г,
- у рослин оброблених 1%, р-ном $C_6H_8O_6$ – 6,12 г,

– у рослин контрольного варіанту маса коріння знаходилась у межах 12,63 г.

Приріст маси кореневої системи у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 0,98 г, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 0,44 г, у рослин контрольного варіанту – 1,36 г (табл. 2.2.2).

Поява плодів

У фазу появи плодів рослини, оброблені 0,1% розчином аскорбінової кислоти вступили 27.06.24 р., рослини, оброблені 1% розчином аскорбінової кислоти – 30.06.24 р. Рослини, контрольного варіанту у цю фазу вступили на 4 дні пізніше за рослин контролю і на 7 днів від рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти.

Візуально зображено появу плодів рослин дослідних варіантів (рис. 2.2.13).



0,1%, р-н $C_6H_8O_6$



1%, р-н $C_6H_8O_6$



Контроль

Рис. 2.2.14. Томати сорту Балконне диво, фаза появи плодів.

Загальна висота рослин у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склала 42,4 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 33,0 см, у рослин контрольного варіанту – 37,5 см (табл. 2.2.2).

Коренева система у фазу появи плодів.

Приріст довжини кореня у фазі початку цвітіння у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 0,9 см, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 0,6 см, у рослин контрольного варіанту – 0,7 см. (табл. 2.2.3). Приріст маси кореневої системи у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти склав 3,93 г, у рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти – 2,69 г, у рослин контрольного варіанту – 3,92 г (табл. 2.2.2). Якісні та кількісні показники маси та висоти рослин обраних варіантів відображені у табл. 2.2.2 та на рис. 2.2.15, 2.2.16.

Таблиця 2.2.2

Висота та маса рослин томату сорту Балконне диво

№ п/п	Варіант дослід	Показники	Фази розвитку							
			Пари листя				Бутонізація	Початок цвітіння	Поява плодів	
			I	II	III	VI				
Висота рослин										
1	1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	довжина	6,4	9,1	13,2	21,7	24,1	25,9	27,6	
		приріст	-	2,7	4,1	8,5	2,4	1,8	1,7	
2	0,1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	довжина	8,7	12,6	20,1	32,8	36,4	39,3	40,4	
		приріст	-	3,9	7,5	12,7	3,6	2,9	1,1	
3	Контроль	довжина	9,3	13,5	18,4	29,3	32,5	35,0	36,45	
		приріст	-	4,2	5,8	10,9	3,2	2,5	1,4	
Маса рослин										
4	1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	довжина	0,22	0,87	2,17	4,86	5,68	6,12	6,63	
		приріст	-	0,65	1,3	2,69	0,82	0,44	0,43	
5	0,1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	довжина	0,48	1,62	5,01	8,94	10,83	11,81	12,78	
		приріст	-	1,14	3,39	3,93	1,89	0,98	0,97	
6	Контроль	довжина	0,38	1,47	5,39	9,31	11,27	12,63	13,93	
		приріст	-	1,09	3,92	3,92	1,96	1,36	1,23	

Візуально динаміку висоти рослин на кожній з фаз онтогенезу відображено на рис. 2.2.15.

На рисунку 2.2.15 ми можемо побачити, що крива приросту висоти рослини падала та виокремити такі закономірності:

- на фазах I, II, III пари листків висота рослин у рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти та рослин контрольного варіанту перевищує показники рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти;

- максимальні значення висоти рослин спостерігаються у фазі бутонування. для 0,1% розчину цей показник найвищий, що свідчить про стимуляцію росту;

- у фазах цвітіння та початку плодоношення спостерігається вирівнювання висот рослин у всіх групах.

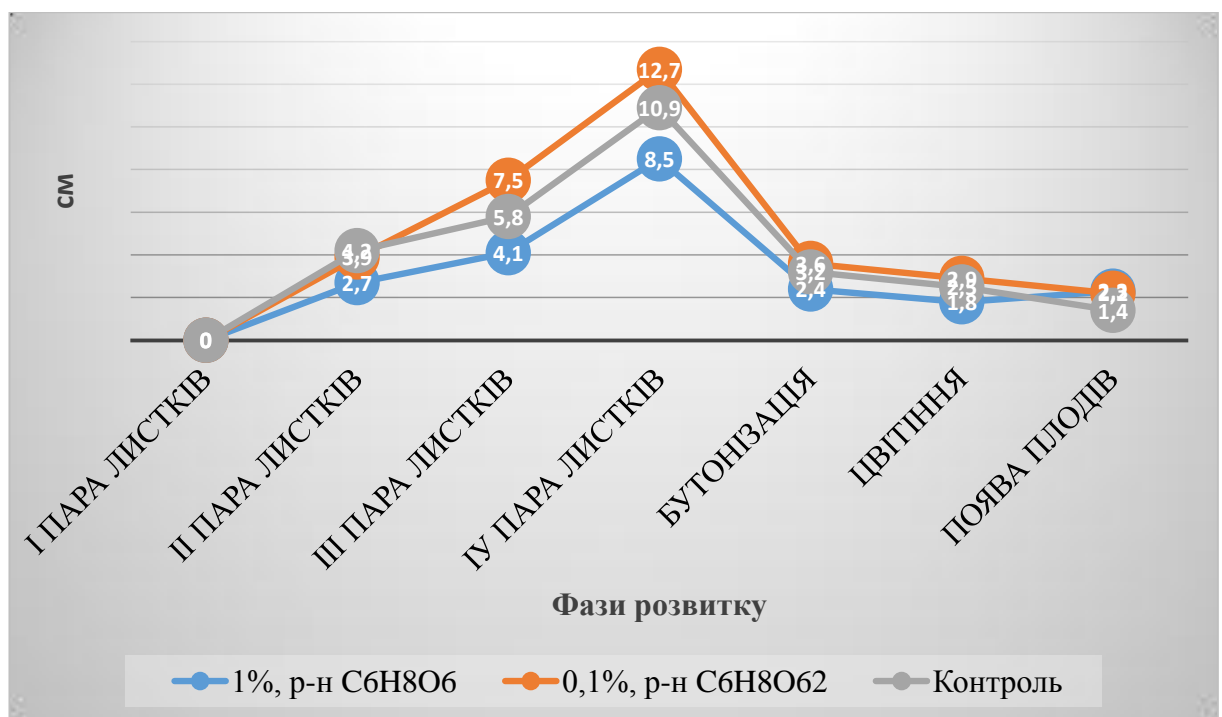


Рис. 2.2.15. Приріст висоти рослини томату сорту Балконне диво в окремі фази росту та розвитку.

Отже, обробка рослин аскорбіновою кислотою позитивно впливає на висоту рослин, особливо у ранніх фазах розвитку. Найбільший ефект спостерігається при використанні 0,1% розчину аскорбінової кислоти, що

свідчить про його оптимальну концентрацію для стимуляції росту томату. У пізніх фазах розвитку (цвітіння, плодоношення) ріст рослин стабілізується незалежно від обробки.

Щодо показників зміни маси рослин томату сорту Балконне диво залежно від концентрації розчину аскорбінової кислоти на різних фазах росту та розвитку можемо констатувати наступні закономірності:

- маса рослин, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти у фазах I, II та III пари листків перевищує показники рослин, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти. показники рослин контрольної групи трохи відставали у рості та розвитку від показників рослин, оброблених 0,1 розчином аскорбінової кислоти;

- найвищі показники маси спостерігаються у фазі бутонування, особливо у групі з 0,1% розчином, який демонструє максимальний вплив;

- у фазах цвітіння та початку плодоношення маса рослин поступово знижується, і різниця між групами стає менш вираженою.

Відтак, застосування аскорбінової кислоти сприяє збільшенню маси рослин, особливо на ранніх етапах їхнього розвитку. Найвищу ефективність демонструє обробка 0,1% розчином аскорбінової кислоти. У пізніших фазах розвитку вплив обробки знижується, що вказує на стабілізацію фізіологічних процесів у рослинах.

Зміна приросту маси рослин продемонстрована на рис. 2.2.16.

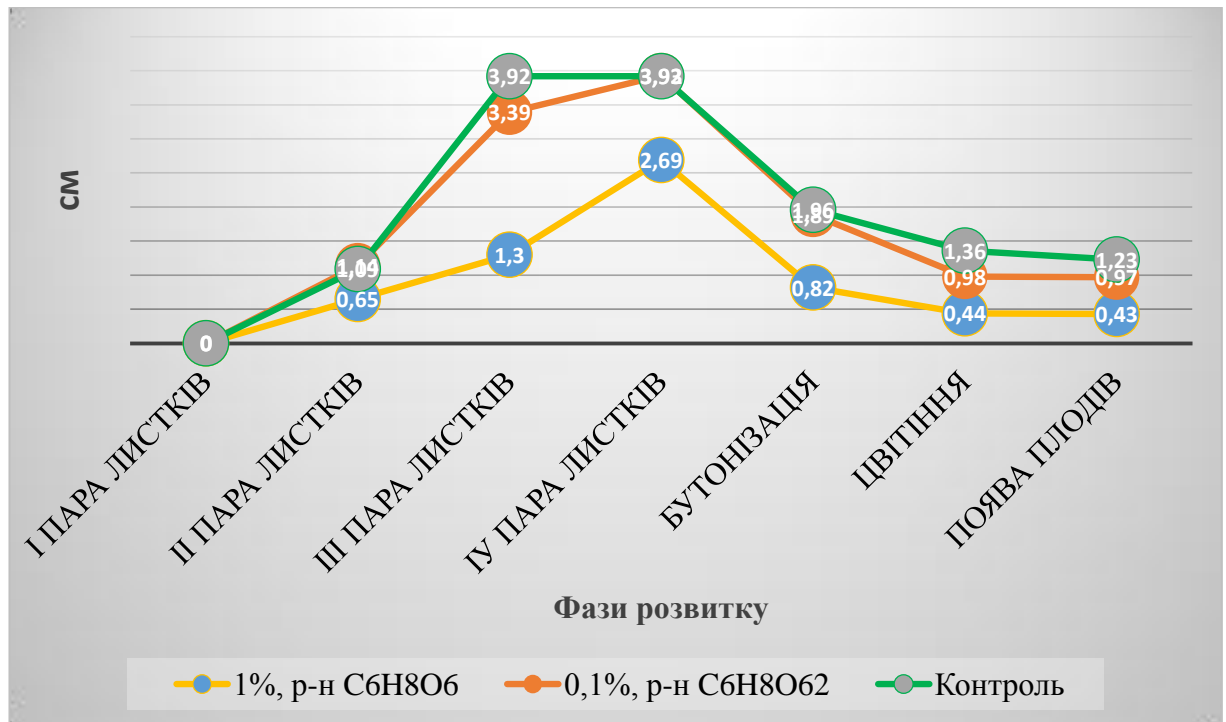


Рис. 2.2.16. Збільшення маси томату сорту Балконне диво в окремі фази росту та розвитку.

Розвиток кореневої системи під впливом антиоксидантів візуально відображено через динаміку росту кореня рослин томату сорту Балконне диво у табл. 2.2.3. Слід відмітити, що найкращі результати спостережено у варіанті досліді, коли рослини оброблялись 0,1%, розчином аскорбінової кислоти.

Таблиця 2.2.3

Динаміка росту кореня рослин томату сорту Балконне диво (см)

№ п/п	Варіант досліді	Показники	Фази розвитку						
			Пари листя				Бутонізація	Початок цвітіння	Поява плодів
			I	II	III	VI			
1	1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	довжина	1,8	2,6	5,4	8,6	9,4	10,0	10,3
		приріст	-	0,8	2,8	3,2	0,8	0,6	0,3
2	0,1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	довжина	3,5	4,9	8,2	13,0	14,3	15,2	16,1
		приріст	-	1,4	3,9	4,8	1,3	0,9	0,9
3	Контроль	довжина	3,2	4,3	8,9	13,5	14,6	15,3	16,0
		приріст	-	1,1	4	4,6	1,1	0,7	0,7

Динаміка росту кореня томату добре видно на графічному зображенні (рис. 2.2.17).

Відповідно до показників таблиці 2.2.4 та рис. 2.2.17 спостережена тенденція до збільшення довжини кореня у томатів, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти. Ця закономірність проявляється як у якісних, так і в кількісних характеристиках рослин, що пояснюється оптимальним впливом розчину на покращення їхніх візуальних властивостей.

Відповідно до вище зазначених даних вважаємо за потрібне ці дані узагальнити та зробити опис рослин кожного з досліджуваного варіантів (табл. 2.2.4).

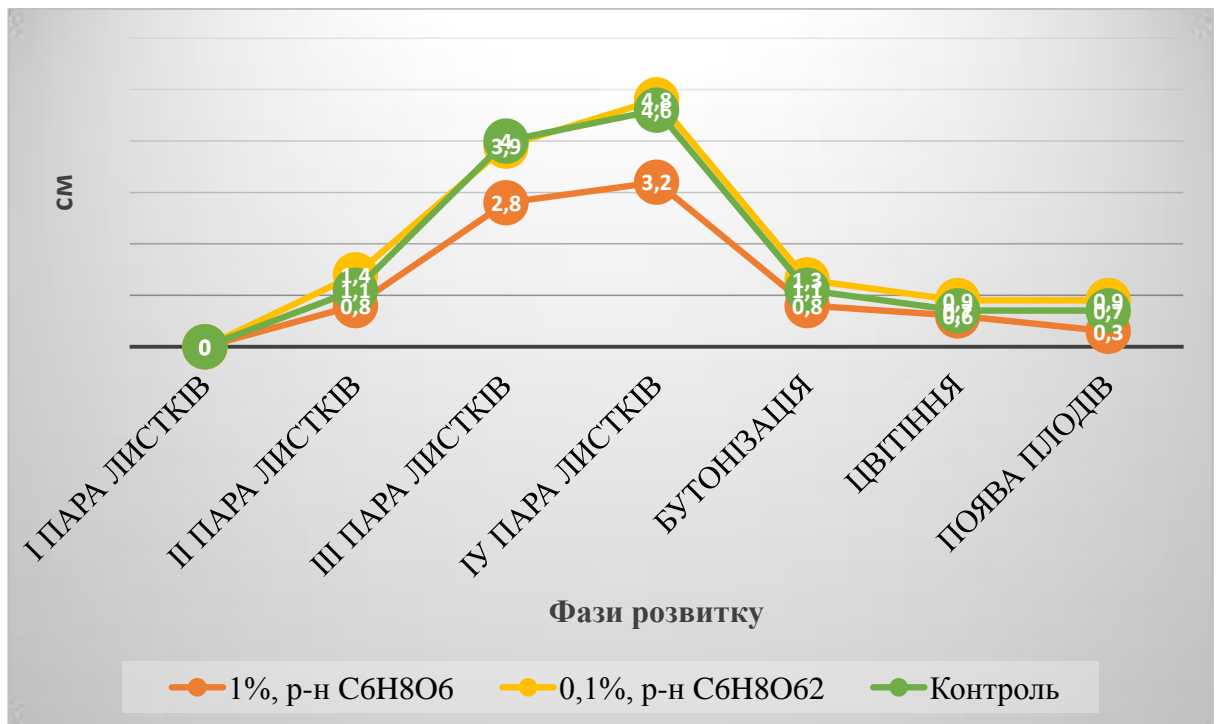


Рис. 2.2.17. Приріст довжини коріння томату сорту Балконне диво в окремі фази росту та розвитку.

Отже провівши досліди щодо встановлення впливу антиоксидантів різної концентрації на ріст і розвиток рослин ми можемо зробити наступні висновки:

1. Передпосівна обробка насіння 0,1% та 1% розчинами аскорбінової кислоти має певний вплив, обумовлений строками схожості насіння.

2. За допомогою 0,1% розчину аскорбінової кислоти можна регулювати (прискорювати) ріст рослин, запобігаючи витягування розсади. Цей розчин стимулює ріст кореневої системи рослин, сприяючи, збільшенню площі живлення рослини. А відтак, 0,1% розчин аскорбінової кислоти є ефективними для регуляції розвитку і росту рослин, тому його можна рекомендувати для використання в сільськогосподарській практиці.

3. 1% розчин аскорбінової кислоти спричинює негативний вплив на ріст рослин.

Таблиця 2.2.4

**Порівняльна характеристика росту та розвитку рослин томатів сорту
Балконне диво оброблених антиоксидантами.**

№ п/п	Варіанти дослідів	Площа листків, см ²	Коренева система			Надземна частина		Примітка (забарвлення рослин, плями на листках тощо)
			Об'єм, см ³	Волога маса, г	Суха маса, г	Волога маса, г	Суха маса, г	
1	0,1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	2.4	2.6	1.34	1.23	3.08	2.86	Рослина повністю сформована, коренева система має головний бічні та багато додаткових коренів, головний корінь довгий, листки мають інтенсивний зелений колір
2	1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	1.8	1.5	1.10	1.06	2.28	1.79	Коренева система компактна, додаткових коренів мінімальна кількість, забарвлення листя зелене. Рослини не великі за розміром
3	Контроль	2.3	1.9	1.14	1.07	2.70	2.12	Рослина сформована, забарвлення листків світло-зелене, у кореневій системі мало додаткових коренів

Отже, в цілому на основі отриманих даних, ми можемо зробити наступні висновки: при обприскуванні рослин 0,1%, розчином аскорбінової кислоти підвищується енергія проростання та на 2–3 дні прискорюється поява сходів. У даних рослин всі показники, а саме висота рослини, її маса, довжина та маса кореня значно вищі ніж у інших варіантів досліду.

2.3. Вплив антиоксидантів на врожайність та якість плодів.

Вплив антиоксидантів на врожайність та якість плодів описана у підрозділі 2.1. Визначення впливу антиоксидантів на врожайність плодів проводили шляхом підрахунку кількості плодів в усіх варіантах досліду. Підраховувались всі плоди, котрі були на кущах.

Результати проведеного дослідження наведені в табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

Залежність врожайності плодів від концентрації антиоксидантів

Варіанти досліду	Числові параметри плодів, шт.										\bar{x}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1%, р-н $C_6H_8O_6$	15	11	12	9	11	13	12	11	10	12	11,6
1%, р-н $C_6H_8O_6$	9	6	7	4	5	7	8	5	4	6	6,1
Контроль	13	9	10	7	9	11	12	9	8	10	9,8

Відтак, числові параметри плодів томатів засвідчили про те, що у рослин оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти позитивно вплинуло на формування зав'язі та утворення плодів. У варіанті досліду з обробленням 1% розчином аскорбінової кислоти плодів томатів спостерігалось їх найменша кількість серед усіх дослідних варіантів. Тому, можемо констатувати, що 0,1% розчин аскорбінової кислоти доцільно використовувати під час вирощування томатів. Якість плодів досліджували за допомогою органолептичної оцінки та методу бальної оцінки. Під час органолептичної оцінки дотримувались таких параметрів: смак, запах, текстура, консистенція, аромат, букет.

Відповідно до органолептичної оцінки вважаємо за доцільне зробити

опис отриманих плодів томату всіх досліджуваних варіантів.

Помідори, оброблені 0,1% розчином аскорбінової кислоти: плоди досить важкі ($\bar{x} = 40$ г), яскраво червоного кольору, шкірка гладка і блискуча, без зморшок, складок і плям, щільна, не розтріскується; у розрізі без білих жорстких прожилок і порожнеч. М'якоть ніжна і цукриста з насиченим смаком та приємним ароматом.

Помідори, оброблені 1% розчином аскорбінової кислоти: плоди досить легші за плоди контрольного варіанту ($\bar{x} = 27$ г), шкірка гладка, але неоднорідна, щільна; у розрізі мають порожнечі. М'якоть ніжна і цукриста, аромат не виражений.

Помідори контрольного варіанту: плоди важкі, але маса ніжче за масу помідорів оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти ($\bar{x} = 35$ г), шкірка гладка і блискуча, без зморшок, складок і плям, щільна; у розрізі зустрічаються поодинокі білі прожилки. М'якоть ніжна і цукриста з насиченим смаком та приємним ароматом.

Метод бальної оцінки передбачав такі рівні якості: дуже погана якість – 1; незадовільна – 2; задовільна – 3; добра – 4; дуже добра – 5. Нижче проілюстровано якість плодів томатів сорту Балконне диво відповідно методу бальної оцінки (табл. 2.3.2).

Таблиця 2.3.2

Показник	Варіанти досліджу		
	0,1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	1%, р-н C ₆ H ₈ O ₆	Контроль
Загальний вигляд	5	5	5
Кольори:	- інтенсивність	5	4
	- бажаність	5	4
Форма	5	4	5
Запах:	- інтенсивність	5	3
	- бажаність	5	4
Соковитість:	- інтенсивність	5	3
	- бажаність	5	4
Крихкість і консистенція:	- інтенсивність	5	4
	- бажаність	5	3
Смак:	- інтенсивність	5	4
	- бажаність	5	4

Таким чином, можна зробити попередні висновки, що обробка плодів помідорів сорту Балконне диво антиоксидантом аскорбінова кислота 0,1% концентрації має позитивний вплив на врожайність і показники якості плодів.

2.4. Оцінка тривалості зберігання та товарного вигляду плодів, вирощених із використанням антиоксидантів.

Тривалість зберігання помідорів залежить від сортових особливостей, агрокліматичних факторів періоду формування плодів, умов зберігання та зазвичай складає близько 20 діб [20]. Тому одним із завдань магістерського дослідження було здійснити оцінку тривалості зберігання та товарного вигляду плодів, вирощених із використанням антиоксидантів. Вирішення цього завдання передбачало залучення окремого фактору – пошкодження холодом. Як зазначалося вище першими ознаками холодового пошкодження помідорів є втиснуті крапочки діаметром близько 1 мм, що з часом розростаються, далі відбувається підшкірне розм'якшення плодових тканин. Тому цей показник був узятий нами за основний. У наших дослідженнях зберігання переривали коли втрати продукції сягали 10% (рис. 2.4.1).



Рис. 2.4.1. Вплив холоду на товарний вигляд помідорів сорту Балконне диво: а – не ушкоджені помідори, б – помідори ушкоджені холодом

Отримані результати дозволяють стверджувати, що застосування антиоксидантів сприяє подовженню термінів зберігання плодів помідорів практично на 2 тижні (рис. 2.4.2). Дослідні варіанти помідорів зберігались 30–35 діб.

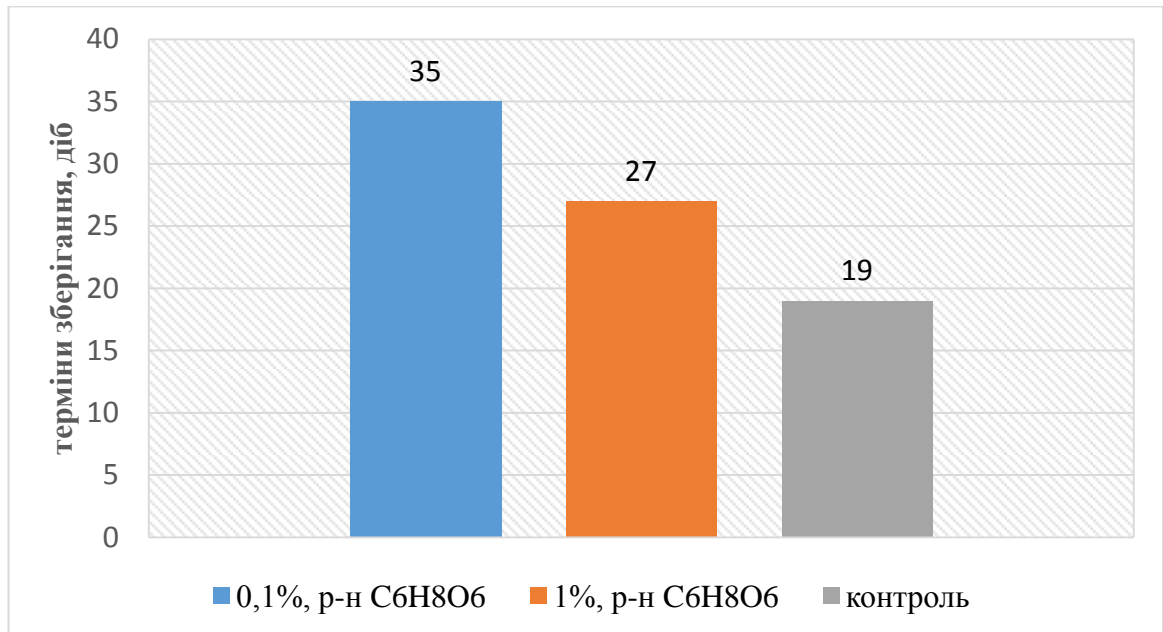


Рис. 2.4.2. Тривалість зберігання плодів помідорів дослідних варіантів

Показники пошкодзованості холодом при зберіганні поматів добре прослідковується через індекс пошкодження холодом (табл. 2.4.1).

Таблиця 2.4.1

**Індекс пошкодження холодом дослідних варіантів помідорів сорту
Балконне диво**

Варіанти досліджу	Тривалість зберігання, діб					
	15	18	21	24	27	30
0,1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	0	0,08	1,2	1,5	1,7	1,9
1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆	0,05	1,5	1,9	2,1	2,3	0
контроль	1,1	1,7	2,2	2,4	0	0

Перші ознаки ушкодження холодом на плодах контрольного варіанту та варіанту з обленими плодами 1% розчином аскорбінової кислоти спостерігали

вже на 15 добу зберігання. Однак, слід відмітити, що індекс ушкодження помідорів варіанту з обленими плодами 1% розчином аскорбінової кислоти був мінімальним (0,05).

Результати варіантів досліду засвідчили, що під час обробки 0,1%-ним розчином аскорбінової кислоти на ранніх етапах (15–18 діб) індекс пошкодження був низьким (0,05–0,08), що свідчить про мінімальні пошкодження. З 21 доби спостерігається поступове збільшення індексу пошкодження, досягаючи 1,9 на 30-ту добу.

Під час обробки 1%-ним розчином аскорбінової кислоти індекс пошкодження на початку (15–18 діб) є вищим (1,1–1,5) порівняно з обробкою 0,1%-ним розчином. Максимальний рівень пошкоджень спостерігався на 24 добу (2,1), після чого плоди були вилучені з досліду, оскільки їх площа ушкодження перевищувала 30%. Хоча помідори цього варіанту були вирощені із застосуванням антиоксидантів та оброблені антиоксидантним розчином, однак термін їх зберігання не перевищував за термін зберігання варіанту з обробленими плодами 0,1% розчином аскорбінової кислоти. Це пояснюється перш за все тим, що відбулося надмірне накопичення аскорбінової кислоти у плодах, котра сприяє пришвидченню їх достигання, а відтак і пришвидчення терміну псування.

Плоди контрольного варіанту продемонстрували найвищий рівень пошкоджень – уже на 15-ту добу він склав 1,1. Максимальний індекс пошкодження досягав 2,4 на 24 добу, після чого зберігати плоди стає неможливим (індекс пошкодження = 0 на 27-му добу) (рис. 2.4.2).

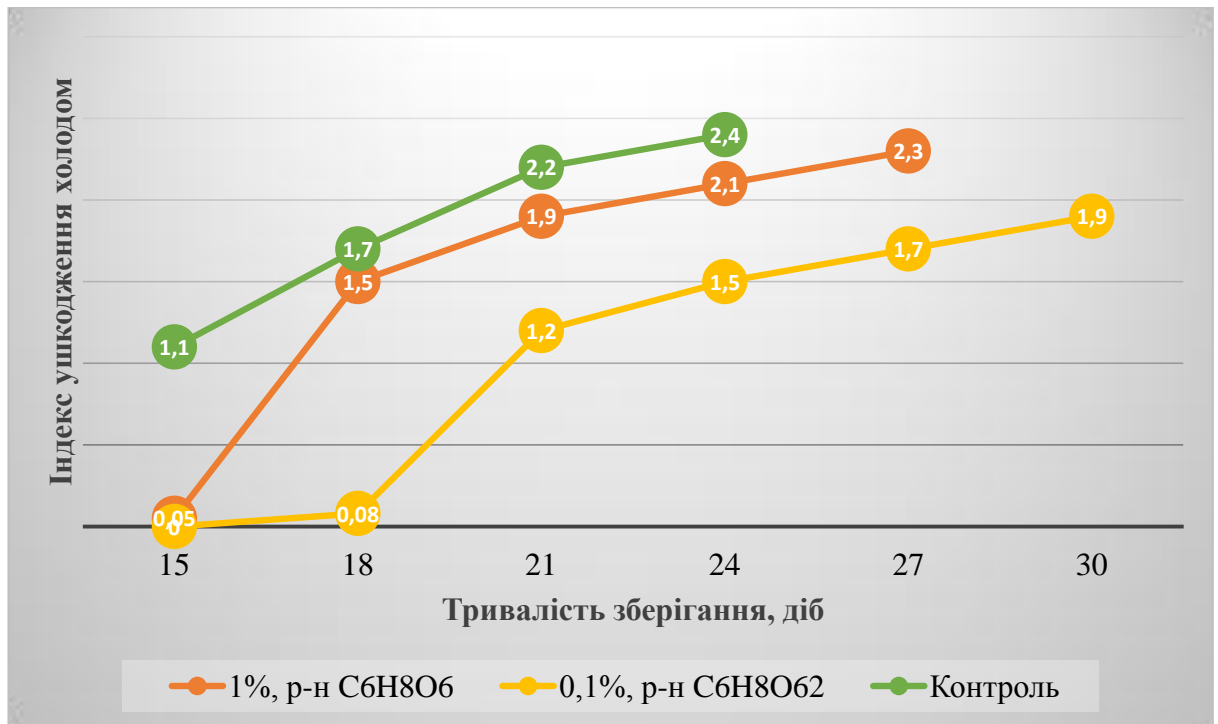


Рис. 2.4.1. Динаміка індексу пошкодження холодом при зберіганні помідорів

Відтак, можемо констатувати, що 0,1%-ний розчин сприяє тривалішому збереженню якості плодів, що особливо помітно на останніх етапах зберігання, обробка 0,1%-ним розчином аскорбінової кислоти ефективно знижує пошкодження плодів у перші 18 діб і забезпечує поступове зростання індексу пошкодження до 30 діб.

Плоди контрольного варіанту демонструють найменшу стійкість до пошкоджень, що підтверджує необхідність використання захисних розчинів для продовження терміну зберігання помідорів сорту Балконне диво.

Товарна якість перцю регламентується ДСТУ ДСТУ 3246-95 Томати свіжі. Технічні умови. Відповідно до вимог цього нормативного документу, визначали кількість стандартної, нестандартної продукції та відходів.

При використанні обробки плодів 0,1% розчином аскорбінової кислоти вихід товарної продукції збільшується. На 24 добу, коли плоди контрольного варіанту знімали зі зберігання, вихід товарної продукції в дослідних варіантах становив 60% без урахування природних втрат маси. Отримані результати

підтверджують, що навіть при збільшенні тривалості зберігання на 2 тижні між виходом стандартної продукції в контрольному і дослідному варіанті на кінець зберігання (18 діб для контролю і 32 для досліду) існує статистично значима різниця (табл. 2.4.2).

Таблиця 2.4.2

Товарна якість плодів помідорів після зберігання

Варіант досліду	Стандартна продукція, %	Нестандартна продукція, %	Відходи, %
0,1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆ (32 доба)	88,3	6,1	1,2
1%, р-н С ₆ Н ₈ О ₆ (27 доба)	88,7	6,4	1,3
Контроль (18 доба)	82,3	9,3	4,3

Вихід стандартної продукції в дослідних варіантах на 4–6% вищий порівняно з контролем. Також статистично значимо скорочується і рівень відходів. Переважну частину нестандартної продукції склали плоди з точковими ушкодженнями холодом.

Таким чином, можна стверджувати, що обробка антиоксидантами в поєднанні з холодильним зберіганням сприяє подовженню термінів зберігання та збереженню товарної якості плодів томатів. Показано, що застосування перед закладанням на зберігання обробки 0,1% розчином аскорбінової кислоти з протягом 15 хв. дозволяє подовжити тривалість зберігання плодів помідорів на 2 тижні. Використання такої післязбиральної обробки дозволяє зменшити чутливість плодів томатів до зберігання при низьких температурах: рівень пошкодження холодом знижено в 7–9 разів, важкість низькотемпературних уражень в оброблених плодах – в 9–12 разів.

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

3.1. Екологічні аспекти застосування антиоксидантів у рослинництві: аналіз ризиків та способів їх мінімізації.

Антиоксиданти відіграють важливу роль у рослинництві, забезпечуючи захист рослин від оксидативного стресу, котрий може бути викликаний різними біотичними та абіотичними чинниками, такими як посуха, солоність ґрунту, забруднення повітря, екстремальні температури або патогенні організми. Однак застосування антиоксидантів у сільському господарстві також має екологічні аспекти, які варто враховувати [16].

До позитивних екологічних аспектів можна віднести:

а) зменшення оксидативного стресу у рослин: антиоксиданти допомагають рослинам ефективніше боротися з оксидативним стресом, що підвищує їхню стійкість до несприятливих умов. Це зменшує потребу у використанні хімічних пестицидів чи добрив;

б) зниження впливу на навколишнє середовище: антиоксиданти, отримані з природних джерел (фенольні сполуки, флавоноїди), зазвичай біорозкладні та не накопичуються в екосистемі;

с) покращення якості врожаю: антиоксиданти сприяють збереженню поживних речовин у плодах і зменшують ризик втрати врожаю через вплив шкідливих факторів, що знижує екологічне навантаження за рахунок мінімізації відходів;

д) збереження біорізноманіття: зміцнення природного імунітету рослин за допомогою антиоксидантів сприяє збереженню корисної фауни (запилювачів), які можуть бути знищені через застосування токсичних агрохімікатів [20].

До потенційних екологічних ризиків ми відносимо:

а) надмірне використання синтетичних антиоксидантів: деякі синтетичні антиоксиданти можуть негативно впливати на ґрунтові мікроорганізми або бути токсичними для водних екосистем у разі потрапляння у водні ресурси;

б) кумулятивний ефект у ґрунті: за умови частого застосування певні антиоксиданти можуть накопичуватися у верхніх шарах ґрунту, що може призводити до змін у його мікробіомі або фізико-хімічних властивостях. Деякі антиоксиданти, такі як селен, можуть бути токсичними у високих концентраціях, і їх використання в сільському господарстві може мати непередбачувані наслідки для довкілля;

в) непередбачувані взаємодії з іншими хімічними речовинами: використання антиоксидантів у поєднанні з іншими агрохімікатами може спричинити утворення побічних продуктів, що мають негативний екологічний вплив;

г) джерела отримання антиоксидантів: для отримання натуральних антиоксидантів інколи використовують екстракцію з рослинної сировини, що може спричинити надмірне використання природних ресурсів;

д) залежність рослин: тривале застосування антиоксидантів може знижувати природні адаптаційні механізми рослин до стресу, що робить їх більш залежними від зовнішніх добавок. Використання антиоксидантних препаратів може призвести до розвитку резистентності у рослинних патогенів. Якщо патогени рослин стають стійкими до антиоксидантів, це може знизити ефективність цих сполук у покращенні здоров'я рослин та стійкості до хвороб. Використання антиоксидантних препаратів може призвести до розвитку залежності від цих сполук. Якщо рослини стануть залежними від антиоксидантів, це може призвести до зниження їх природної здатності справлятися з окислювальним стресом;

е) економічні витрати: висока вартість натуральних антиоксидантів може спонукати аграріїв до використання дешевих синтетичних аналогів, які мають вищий екологічний ризик. Багато з цих сполук є відносно дорогими, і

вартість широкомасштабного застосування може бути непосильною для багатьох фермерів [17].

Серед способів мінімізації ризиків вчені виокремлюють наступні:

a) вибір екологічно безпечних антиоксидантів: використовувати натуральні антиоксиданти (наприклад, екстракти рослин, вітаміни с та е), які є біорозкладними та безпечними для екосистеми.

b) оптимізація дозування: застосовувати антиоксиданти в кількостях, необхідних для досягнення позитивного ефекту, уникати надмірного використання.

c) точне землеробство: використовувати сучасні технології (сенсори, дрони, системи аналізу ґрунту) для визначення потреб рослин в антиоксидантах.

d) поєднання з іншими методами: замість прямого внесення антиоксидантів підтримувати природні механізми стійкості рослин, наприклад, шляхом правильного вибору сівозміни, мульчування або застосування біопрепаратів.

e) моніторинг стану екосистеми: регулярно проводити аналіз ґрунту, води та рослин на наявність залишків антиоксидантів та оцінювати їхній вплив на екосистему.

f) навчання аграріїв: інформувати фермерів про екологічні ризики і переваги антиоксидантів, а також про методи їх відповідального застосування.

g) розробка альтернатив: розвивати біотехнології для створення рослин із підвищеною стійкістю до стресових факторів, які менше потребують антиоксидантів.

h) раціональний підхід до використання антиоксидантів не лише зменшує екологічні ризики, а й забезпечує їхню ефективність у підвищенні стійкості та продуктивності рослин [11].

З огляду на вище окреслене можемо запропонувати рекомендації для зменшення екологічних ризиків:

1. Використовувати антиоксиданти біологічного походження, які легко розкладаються в природному середовищі.
2. Обмежувати застосування синтетичних антиоксидантів, віддаючи перевагу органічним та екологічно чистим продуктам.
3. Впроваджувати стратегії точного землеробства, які дозволяють оптимізувати дозування антиоксидантів залежно від стану ґрунту та рослин.
4. Проводити моніторинг стану екосистем, де використовуються антиоксиданти, щоб вчасно ідентифікувати та мінімізувати можливі негативні наслідки.
5. Використання антиоксидантів у рослинництві може сприяти сталому розвитку сільського господарства за умови їх раціонального та екологічно відповідального застосування.

3.2. Вплив антиоксидантів на здоров'я людини через продукти харчування.

Антиоксиданти відіграють ключову роль у підтримці здоров'я людини, захищаючи клітини від пошкоджень, викликаних вільними радикалами. Ці нестабільні молекули утворюються внаслідок різних факторів, таких як забруднення навколишнього середовища, ультрафіолетове випромінювання, куріння і навіть нормальні метаболічні процеси в організмі. Надмірна кількість вільних радикалів може спричинити окислювальний стрес, що, у свою чергу, пов'язано з розвитком численних захворювань, включно з раком, серцево-судинними захворюваннями та прискореним старінням.

Окислювальний стрес, що виникає на тлі дії вільних радикалів, провокує розвиток небезпечних захворювань: проблем із серцем і судинами, цукрового діабету, хвороби Альцгеймера, хвороби Паркінсона, катаракти та вікової дегенерації жовтої плями.

Антиоксидантна дія полягає в тому, щоб уповільнити ці процеси, а в деяких випадках і допомогти відновленню пошкоджених клітин. Отже, боротьба

з окисними процесами – головне їхнє завдання. Як наслідок, антиоксиданти допомагають: запобігти руйнуванню клітин організму; уповільнити процеси старіння в організмі; зміцнити імунну систему; оптимізувати хід обмінних процесів; знизити ризик серцево-судинних захворювань; вберегти організм від шкідливого випромінювання; знизити рівень «поганого» холестерину; дбати про здоров'я очей; боротися з наслідками забруднення навколишнього середовища, що впливають на шкіру, волосся та легені [3].

Дослідження антиоксидантів продовжують розвиватись, відкриваючи нові горизонти в розумінні їхньої ролі у підтримці здоров'я. Одним із ключових напрямків є вивчення оптимальних доз і комбінацій різних антиоксидантів для максимального ефекту. Важно визначити, чи такі антиоксиданти, як вітаміни Е та С, працюють ефективніше в комбінації один з одним або з іншими живильними речовинами.

Крім того, необхідно поглибити знання про механізми дії антиоксидантів на клітинному рівні та їхній вплив на різні біологічні шляхи. Наприклад, зростає інтерес до вивчення антиоксидантів у контексті хронічних захворювань, параметрів мікробіома та їхнього впливу на імунні реакції організму.

Нарешті, перспективним напрямком залишається дослідження впливу антиоксидантів на процеси старіння та нейродегенеративні захворювання. Це може призвести до новаторських підходів у профілактиці та лікуванні станів, пов'язаних зі старінням, таких як хвороба Альцгеймера та інші розлади когнітивної функції.

Розглянемо докладніше деякі функції, що антиоксиданти виконують в організмі людини.

Захист від окислювального стресу. Мовиться про стан організму, що відомий різким посиленням окислювальних процесів за умови недостатнього функціонування антиоксидантної системи. Тригером для запуску такого типу реакції може стати змінення внутрішньоклітинного середовища, що призводить

до зміщення рівноваги прооксидантних та антиоксидантних компонентів та активації процесів окислення.

Окислювальний стрес не є самостійним захворюванням, але саме він підвищує ризик розвитку небезпечних хронічних, часто – невиліковних захворювань. На думку вчених, значною мірою запобігти окислювальному стресу можна, зокрема, додаючи до раціону продукти, багаті на антиоксиданти [8].

Підтримання імунної системи. Зазвичай організм контролює кількість вільних радикалів, але в періоди епідемій ГРВІ, грипу або інших інфекційних захворювань, їхні збудники потрапляють в організм у великій кількості. Власні антиоксиданти тіло швидко витрачає і не встигає синтезувати в достатньому обсязі. Баланс порушується, число вільних радикалів значно переважає над антиоксидантами. Окрім цього, резерв антиоксидантів швидко витрачають під час куріння, вживання алкоголю та за наявності хронічних захворювань. Вільні радикали в такій ситуації несуть подвійну небезпеку.

По-перше, вони руйнують клітини імунної системи, не даючи їм змоги виконувати свої функції, і ослаблюють імунітет.

По-друге, пошкоджують уражені клітини, посилюючи запальний процес. А запалення прискорює утворення нових вільних радикалів.

Отже, щоб зміцнити імунітет, важливо забезпечити організм надходженням антиоксидантів із різним механізмом дії.

Уповільнення процесу старіння. Старіння є природним процесом, що супроводжується багатьма змінами в організмі, включаючи окислювальний стрес, який відіграє ключову роль у його прогресуванні. Антиоксиданти, завдяки своїй здатності нейтралізувати вільні радикали, можуть сприяти сповільненню цього процесу. Дослідження показують, що антиоксиданти здатні захищати клітини і ДНК від ушкоджень, пов'язаних зі старінням, що може допомогти зберегти здоров'я та функціональність організму на пізніших етапах життя [3].

Дерматологи вважають, що антиоксиданти надзвичайно важливі для краси та молодості шкіри. На думку вчених, вони будують в епідермісі надійний бар'єр, що не дає негативним зовнішнім чинникам проникати до глибоких шарів дерми та руйнувати клітини шкіри.

Передчасне старіння організму, зумовлене стресами, емоційним перевантаженням і погіршенням стану доквілля, часто провокує ознаки передчасного старіння – сухість і тьмянний колір шкіри, зниження її пружності й еластичності, дрібні зморшки та темні кола під очима. Раціонально обрані косметичні засоби з антиоксидантами допомагають значно покращити ситуацію.

Важливо зазначити, що різні антиоксиданти, такі як вітаміни С та Е, селен і поліфеноли, можуть мати різні механізми дії та рівні ефективності. Включення продуктів, багатих цими сполуками, у повсякденний раціон може відігравати значну роль у профілактиці вікових захворювань, поліпшенні когнітивної функції та підтриманні енергії.

Таким чином, антиоксиданти є важливим елементом стратегій боротьби зі старінням, сприяючи не лише продовженню життя, але й поліпшенню його якості.

Антиоксиданти відіграють важливу роль у сповільненні процесів старіння, оскільки вони допомагають захищати клітини організму від ушкоджень, викликаних вільними радикалами. З віком рівень окислювального стресу зазвичай збільшується, що може призводити до погіршення функцій органів і систем. Антиоксиданти, такі як вітамін С, вітамін Е та селен, здатні нейтралізувати вільні радикали, зменшуючи тим самим рівень окислювального ушкодження.

Дослідження показують, що високі рівні антиоксидантів в організмі асоціюються з поліпшенням загального стану здоров'я та продовженням життя. Споживання їжі, багаті антиоксидантами, може сприяти поліпшенню стану шкіри, зниженню ризику розвитку хронічних захворювань, а також підтриманню здоров'я мозку.

Таким чином, включення антиоксидантів у раціон може бути одним із ефективних способів сповільнення процесів старіння та поліпшення якості життя в похилому віці.

Захист від хронічних захворювань. Сучасні дослідження, що активно проводять у різних країнах світу, підтверджують теорію, яка пропонує активно застосовувати антиоксиданти для профілактики деяких надзвичайно небезпечних хронічних захворювань, включно з патологіями серця та судин, цукровим діабетом і навіть деякими різновидами онкології.

Дослідження показують, що регулярне споживання продуктів, багатих антиоксидантами, може знизити ризик цих захворювань. Наприклад, флавоноїди, що містяться в ягодах та зеленому чаї, мають потужні захисні властивості і можуть допомогти у профілактиці серцево-судинних захворювань, покращуючи здоров'я судин і знижуючи запалення [6].

Крім того, антиоксиданти допомагають сповільнити процеси старіння, знижуючи рівень вільних радикалів в організмі і сприяючи підтримці клітинної функції. Це робить їх важливим елементом здорового способу життя та раціонального харчування, що особливо актуально в умовах сучасного світу, де стрес і погана екологія сприяють збільшенню окисного стресу на організм.

Комбінуючи різноманітні джерела антиоксидантів в щоденному раціоні, можна не тільки покращити загальний стан здоров'я, але й значно підвищити шанси на профілактику ряду захворювань, що підкреслює важливість антиоксидантів у підтриманні здоров'я протягом усього життя.

Антиоксиданти відіграють важливу роль у і профілактиці серцево-судинних захворювань, обумовлених окисним стресом. Вільні радикали можуть пошкоджувати клітини судин і впливати на рівень холестерину, що призводить до атеросклерозу та інших серцевих порушень.

Дослідження показують, що вживання продуктів, багатих антиоксидантами, таких як ягоди, горіхи та темний шоколад, може знизити ризик розвитку серцево-судинних захворювань. Ці речовини допомагають

покращити кровообіг, знижують запальні процеси та підтримують здоров'я серцевого м'яза.

Крім того, деякі антиоксиданти, наприклад, вітамін Е та вітамін С, допомагають захистити клітини від ушкодження, укріплюючи стінки кровоносних судин. Це робить антиоксиданти незамінною частиною харчування для людей, що прагнуть зберегти здоров'я серцево-судинної системи.

Антиоксиданти привертають увагу вчених у контексті профілактики раку, оскільки їх властивості можуть нейтралізувати вільні радикали та захищати клітини від ушкоджень ДНК. Наукові дослідження показують, що антиоксиданти, що містяться в певних продуктах харчування, можуть знижувати ризик розвитку різних форм раку, проте результати не завжди однозначні. Декілька досліджень демонструють обнадійливі дані про зв'язок між високим споживанням антиоксидантів і зменшенням захворюваності на рак, тоді як інші дослідницькі роботи вказують на необхідність подальших досліджень для розуміння механізмів цих ефектів.

Найбільш активно вивчаються такі антиоксиданти, як вітамін С, вітамін Е, селен та халконові сполуки, які можна знайти у рослинах. Наприклад, екстракти ягід і зеленого чаю продемонстрували протипухлинну активність в лабораторних умовах і в деяких клінічних випробуваннях. Проте, незважаючи на багатообіцяючі дані, важливо зазначити, що використання антиоксидантних добавок у великих дозах у деяких випадках може мати зворотний ефект і погіршувати ситуацію. Тому підхід до профілактики раку з використанням антиоксидантів вимагає обережності та індивідуального підходу, ґрунтованого на нових наукових відкриттях [11].

В цілому, роль антиоксидантів у профілактиці раку залишається предметом активного дослідження, і важливо продовжувати вивчати їх потенційні переваги та обмеження на основі достовірних наукових даних, щоб розробити ефективні стратегії боротьби із цим захворюванням.

Антиоксиданти відіграють важливу роль у підтримці когнітивної функції, особливо з віком. Мозок, як один із найактивніших органів, піддається окислювальному стресу, що може призводити до нейродегенеративних захворювань, таких як хвороба Альцгеймера та інші форми деменції.

Дослідження показують, що антиоксиданти, котрі містяться у фруктах, овочах і деяких добавках, можуть допомогти знизити рівень окислювального стресу і поліпшити когнітивні функції. Наприклад, вітамін Е, вітамін С та бета-каротин пов'язані зі сповільненням процесів старіння нервових клітин.

Регулярне споживання антиоксидантів також може підтримувати здоров'я судин, покращуючи кровопостачання мозку і забезпечуючи більш ефективне живлення нейронів. Це, у свою чергу, сприяє вищій продуктивності когнітивних процесів і зменшує ризик розвитку захворювань, пов'язаних з віковими змінами.

Таким чином, включення антиоксидантів у раціон може бути важливою стратегією для підтримання здоров'я мозку та запобігання погіршенню когнітивної функції з віком.

Антиоксиданти, що зустрічаються у фруктах, овочах, горіхах та інших продуктах харчування, допомагають нейтралізувати вільні радикали та мінімізувати їх негативний вплив на клітини, а їх регулярне споживання може суттєво вплинути на стан здоров'я.

Серед основних джерел антиоксидантів можна виокремити такі продукти:

- a) фрукти: ягоди, цитрусові, гранати та яблука багаті вітаміном С і флавоноїдами;
- b) овочі: броколі, шпинат, морква та помідори містять важливі антиоксиданти, такі як бета-каротин і лікопен;
- c) горіхи та насіння: мигдаль, волоські горіхи та насіння соняшнику є відмінними джерелами вітаміну Е та інших антиоксидантів;
- d) чай і кава: зелений чай та кава містять поліфеноли, що мають потужні антиоксидантні властивості;

е) темний шоколад: містить флавоноїди, котрі активно борються з окислювальним стресом [13].

Розглянемо детальніше вміст антиоксидантів у продуктах харчування.

Фрукти та овочі. Ці продукти харчування займають центральне місце в раціоні, забезпечуючи організм великою кількістю антиоксидантів. Яскраво забарвлені плоди, такі як чорниця, малина, полуниця та гранати, багаті антоціанами – потужними антиоксидантами, які допомагають захистити клітини від пошкоджень вільними радикалами.

Зелені овочі, включаючи шпинат, броколі та капусту, також містять важливі антиоксиданти, такі як вітамін С і каротиноїди. Ці сполуки не тільки сприяють зміцненню імунної системи, але й покращують загальний стан здоров'я, дозволяючи організму краще справлятися з окислювальним стресом.

Додавання різноманітних фруктів та овочів до щоденного меню не тільки наповнює раціон вітамінами і мінералами, але й суттєво збільшує рівень антиоксидантів, що є важливим аспектом профілактики багатьох захворювань.

Горіхи: волоські горіхи і мигдаль містять не тільки вітаміни і мінерали, але й потужні антиоксидантні сполуки, такі як вітамін Е.

Чай: особливо зелений і чорний чай, багатий поліфенолами, які мають сильні антиоксидантні властивості. Какао та темний шоколад також містять флавоноїди, що сприяють зменшенню окислювального стресу.

Спеції: куркума, кориця є потужними природними антиоксидантами і здатні захищати клітини від пошкоджень.

Вино, олія: червоне вино і оливкова олія містять антиоксиданти, які можуть підтримувати здоров'я серця і судин. Ці продукти, що входять у середземноморську дієту, демонструють вражаючі результати в боротьбі з хронічними захворюваннями завдяки своєму високому вмісту антиоксидантів.

Отже, антиоксиданти є важливим компонентом у прагненні до здорового життя, і їхнє значення не слід недооцінювати.

Разом з вище окресленим вважаємо за доцільне розглянути рекомендації щодо прийому антиоксидантів:

Для досягнення максимальної користі від антиоксидантів у раціоні важливо враховувати кілька ключових рекомендацій.

Різноманітність харчування: включайте у свій раціон різні джерела антиоксидантів, такі як фрукти, овочі, горіхи та злаки. Чим різноманітніший ваш раціон, тим більше шансів отримати необхідні вітаміни та мінерали.

Споживання свіжих продуктів: звертайте увагу на свіжість продуктів. Свіжі фрукти та овочі зазвичай містять більше антиоксидантів, ніж заморожені або оброблені.

Обробка їжі: по можливості уникайте смаження та тривалого теплового впливу на продукти, оскільки це може знизити рівень антиоксидантів. Парова обробка або запікання можуть бути більш переважними методами приготування.

Добавки: перед прийомом антиоксидантних добавок проконсультуйтеся з лікарем або дієтологом. Індивідуальна потреба в добавках може змінюватися в залежності від загального стану здоров'я та дієти.

Дотримання балансу: надмірна кількість антиоксидантів з добавок може призвести до небажаних ефектів. Найкраще отримувати їх з натуральних продуктів.

Слідуючи цим рекомендаціям, ви зможете ефективно підтримувати рівень антиоксидантів в організмі та покращити загальний стан здоров'я.

Враховуючи важливість антиоксидантів для здоров'я, необхідно розглянути оптимальний баланс між їх отриманням з їжі та використанням добавок. Фахівці рекомендують в першу чергу прагнути до різноманітного та збалансованого харчування, яке є основним джерелом необхідних вітамінів і мінералів.

Фрукти, овочі, горіхи та цільнозернові продукти містять не лише антиоксиданти, але й безліч інших корисних речовин, які сприяють зміцненню організму. Наприклад, вітаміни С та Е, які є потужними антиоксидантами, можна отримати з цитрусових, броколі, червоного перцю та горіхів.

Проте в деяких випадках, особливо при нестачі необхідних поживних речовин або при підвищених потребах (під час інтенсивних фізичних навантажень або в похилому віці), добавки можуть виявитися корисними. Однак їх використання має бути обґрунтованим і заснованим на рекомендаціях лікаря або дієтолога [17].

Отже, ідеальний підхід полягає в тому, щоб максимально насичувати раціон поживними продуктами, але при необхідності не боятися добавок для досягнення бажаного рівня антиоксидантів. Це допоможе забезпечити підтримання оптимального здоров'я та запобігти можливим захворюванням.

3.5. Рекомендації щодо використання антиоксидантів у практиці сільського господарства.

З огляду на вище окреслене вважаємо за доцільне запропонувати рекомендації щодо використання антиоксидантів у сільському господарстві:

1. Вибір типу антиоксидантів:

–натуральні антиоксиданти (екстракти рослин, вітаміни С, Е, каротиноїди, флавоноїди) є безпечними для навколишнього середовища та зменшують ризик накопичення в ґрунті;

–синтетичні антиоксиданти слід використовувати лише за необхідності, зважаючи на їхній екологічний вплив.

2. Оптимальне дозування:

–рекомендується застосовувати антиоксиданти у мінімально ефективних концентраціях, щоб уникнути надмірного накопичення у ґрунті чи водних ресурсах;

–використовувати сучасні технології точного землеробства для точного визначення потреб рослин.

3. Час та методи внесення:

–вносити антиоксиданти у періоди максимального стресу для рослин (наприклад, під час посухи, екстремальних температур, або після хімічної обробки пестицидами);

–використовувати методи внесення, які мінімізують втрати препарату, наприклад, обприскування або крапельне зрошення.

4. Комбінування з іншими методами:

–поєднувати антиоксиданти із біостимуляторами або природними мікроорганізмами, що підвищують стійкість рослин;

–використовувати сівозміну, мульчування та органічні добрива для підтримки загальної здорової екосистеми.

5. Моніторинг стану рослин і ґрунту:

–регулярно проводити аналіз ґрунту та рослин для оцінки ефективності антиоксидантів та їхнього впливу на агроекосистему;

–відстежувати можливі побічні ефекти, такі як зменшення активності корисних ґрунтових мікроорганізмів.

6. Пріоритет на екологічність:

–віддавати перевагу біологічним та органічним антиоксидантам, які швидко розкладаються у навколишньому середовищі;

–забезпечувати мінімальний вплив на водні ресурси, уникаючи внесення препаратів поблизу водойм.

7. Розумне планування використання:

–застосовувати антиоксиданти як частину інтегрованих стратегій управління рослинництвом;

–забезпечувати правильний баланс між профілактикою стресів та підтримкою природного імунітету рослин.

8. Навчання персоналу: проводити тренінги та семінари для фермерів щодо безпечного використання антиоксидантів, їхнього дозування та можливих екологічних наслідків.

9. Інтеграція з технологіями точного землеробства: використовувати дрони, сенсори, або GPS-системи для рівномірного внесення антиоксидантів, що допоможе уникнути перевитрати препаратів.

10. Документування та дослідження:

–вести облік використання антиоксидантів для оцінки їх ефективності;

–підтримувати впровадження нових досліджень щодо створення більш екологічно чистих та ефективних антиоксидантів.

Отже, раціональне використання антиоксидантів у сільському господарстві сприяє не лише підвищенню врожайності, але й збереженню екосистеми, забезпечуючи стійкий розвиток аграрного сектору.

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасної вітчизняної та зарубіжної літератури з точки зору досліджуваної проблеми показав, що ця проблема висвітлена ще не на досить високому рівні. Над цією проблемою працювали і працюють вчені різних країн світу, що означає її актуальність.

На підставі проведеного біологічного експерименту можна зробити наступні висновки.

Антиоксиданти – сукупність факторів, спрямованих проти руйнування клітинних мембран вільними радикалами і перекисами. До антиоксидантів звичайно відносять вітаміни, глутатіон, цистеїн, метіонін, лютеїн, мелатонін, убіхінони, токофероли, ретиноїди, флавоноїди, ліпоєва кислота та багато інших сполук, а також група антиоксидантних ферментів.

Антиоксидантам характерний ряд властивостей: здатні нейтралізувати вільні радикали та знижують наслідки від окислення, зменшуючи ризик багатьох небезпечних хвороб (включаючи серцево-судинні захворювання та деякі онкології).

Висунута нами гіпотеза підтвердилася, а саме: оптимізація впливу антиоксидантів сприятиме підвищенню потужності росту і розвитку пасльонових, тривалості зберігання та товарного вигляду плодів та охороні навколишнього середовища.

Дослідження впливу антиоксидантів на ріст і розвиток рослин томатів проводилося протягом 2024 року. У результаті отриманих даних ми з'ясували що:

➤ обробка насіння 0,1%, розчином аскорбінової кислоти перед посівом насіння томату сорту Балконне диво дала позитивні результати, тому є ефективною. 0,1 розчин аскорбінової кислоти прискорюють появу сходів на 2–3 дні; сприяє формуванню більш розвиненої кореневої системи; підвищує кількість квіток та зав'язей вдвічі та знижують їх зсідання; у цілому ріст і розвиток прискорюється майже на три тижні.

➤ застосування 1% розчину аскорбінової кислоти сприяє зменшенню маси рослин, затримці росту і розвтку рослин.

Під час визначення термінів зберігання та товарного вигляду помідорів вдалося встановити: у помідорів, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти, холодкові дефекти зафіксовані лише на 21 добу. Важкість симптомів низькотемпературних пошкоджень цього варіанту досліду знижена в 11 разів порівняно з контрольним варіантом. На кінець зберігання плодів помідорів, оброблених 0,1% розчином аскорбінової кислоти пошкодження холодом трохи перевищувало 6%. На 24 добу зберігання більше 30% помідорів, оброблених 1% розчином аскорбінової кислоти мали ушкодження холодом. Індекс пошкоджуваності помідорів цього варіанту досліду на цю ж добу в 8,9 разів нижче ніж контрольних. Ступінь важкості травм від переохолодження посилюється зі збільшенням терміну зберігання. Однак, обробка 0,1% розчином аскорбінової кислоти сприяє зниженню індексу пошкодження холодом.

Антиоксиданти відіграють важливу роль у підтримці здоров'я, захищаючи організм від шкідливого впливу вільних радикалів і окислювального стресу. Їхня наявність у раціоні може значно знизити ризик розвитку різних захворювань, включаючи серцево-судинні та онкологічні. Розуміння джерел антиоксидантів, таких як фрукти, овочі та інші продукти, допоможе кожному зробити усвідомлений вибір на користь здоров'я. Важно пам'ятати про баланс між їжею та добавками, щоб максимізувати переваги антиоксидантів без ризику їх надмірної кількості. Залишаючись уважними до свого харчування й способу життя, ми можемо сприяти не лише продовженню життя, але і поліпшенню його якості.

Антиоксиданти грають ключову роль у підтримці здоров'я, захищаючи організм від негативного впливу вільних радикалів і окислювального стресу. Вони сприяють профілактиці різних захворювань, включаючи серцево-судинні, деякі види раку та вікові зміни. Режим харчування, багатий антиоксидантами, може суттєво вплинути на загальне самопочуття та тривалість життя.

В цілому, подальші дослідження антиоксидантів допоможуть не лише поглибити розуміння їхньої ролі у здоровому харчуванні, але також відкриють нові стратегії для підтримки здоров'я та профілактики захворювань.

Отже, на підставі виконаної роботи та проведеного нами дослідження ми можемо рекомендувати господаркам застосовувати 0,1%, розчин аскорбінової кислоти, як гарний стимулятори росту і розвитку рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антиоксиданти – що це. Їх властивості. URL: <https://belok.ua/blog/ua/chto-takoe-antioksidanty/> (дата звернення: 12.11.2023).
2. Антиоксиданти. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2826/antioksidanti> (дата звернення: 21.12.2023).
3. Антиоксиданти: захист від старіння і руйнування. URL: https://fitapisvit.ua/post/news/antioksidanti-oshukuvachi-chasu-id380.html?srsltid=AfmBOopBt40bdilxs7hknqczhxCt_D5qtbo14hXkT3PMImuRS2T9owRR. (дата звернення: 12.11.2023).
4. Антиоксиданти: чому важливі у нашому раціоні і як пов'язані з молодістю? URL: <https://perlahelsa.ua/blog/antioksidanti-chomu-vazhlivi-u-nashomu-racioni-i-yak-povyazani-z-molodistyuu?srsltid=AfmBOordD7riljplNASOr48Rwf33q4Ioue7-gBe5HiZPwrEeVnUdkgB> (дата звернення: 12.09.2024).
5. Антиоксидантні препарати для сільськогосподарських рослин. URL: <https://vivatagrovan.com/korucni-ctatti/antioxidantni-preparatu/?srsltid=AfmBOoo93VEJkbeMbQaGXrojK7YQXfO6BoxGz5bdsEPmvjNFcirOaGyP> (дата звернення: 11.11.2024).
6. Антиоксиданти: навіщо вони нам потрібні? URL: <http://surl.li/nhutz> (дата звернення: 12.11.2023).
7. Бегей С.В. Екологічне землеробство: підручник. Львів: “Новий Світ –2000”, 2020. 429 с.
8. Беленічев І.Ф., Левицький Е.Л., Губський Ю.І., Коваленко С.І., Марченко О.М. Антиоксидантна система захисту організму (огляд). URL: http://medved.kiev.ua/arhiv_mg/st_2002/02_3_3.htm (дата звернення: 12.01.2024).
9. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 2. Біологічна хімія / Ю.І. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Корда та ін.; за ред. Ю.І. Губського, І.В. Ніженковської. 3-є вид. К.: ВСВ «Медицина», 2021. 544 с.

10. Біологічна хімія : навч. посіб. / Л. І. Гребеник, Л. О. Прімова, Н. М. Іншина, І. В. Чорна, С.А. Гончарова; за заг. ред. Л. І. Гребеник. Суми : СумДУ, 2023. 380 с.
11. Ваш захист – антиоксиданти. Рівненський центр контролю та профілактики хвороб. URL: <https://sesrivne.gov.ua/news/vash-zahist-%E2%80%93-antioksidanti> (дата звернення: 29.12.2023).
12. Вільні радикали і антиоксиданти. URL: <https://www.apteka-puls.com/puls-371.html> (дата звернення: 12.11.2023).
13. Все, що треба знати про антиоксиданти. URL: <https://fizi.com.ua/blogs/news/antioxidants> (дата звернення: 12.11.2023).
14. Гонський Я.І., Максимчук Т.П. Біохімія людини: підручник. Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. 736 с.
15. Гончаренко А.С. Розробка та дослідження антиоксидантних синергетичних сумішей на основі амінокислот: магістерська дисертація / наук. керівник Чигиринець О.Е. Київ, 2019. 101 с.
16. Екологічні проблеми землеробства: Підручник / За ред. В.П. Гудзя. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. 708 с.
17. Їжа, що допомагає подолати стрес і його наслідки. URL: <https://apteka-ds.com.ua/blog-item/yizha-shcho-dopomahaie-podolaty-stres-i-yoho-naslidky> (дата звернення: 30.11.2024).
18. Іншина, Н.М. Основи молекулярної біології: навч. посіб. Суми: СумДУ, 2019. 121 с.
19. Кириєнко О.О., Коренева І.М. Анатомія та морфологія рослин: лабораторний практикум для студентів галузі знань: 01 освіта/педагогіка спеціальності 014.05 середня освіта (Біологія та здоров'я людини): навчально-методичний посібник. Суми: ФОП Цьома С.П., 2022. 200 с.
20. Кисіль В.І. Екологічні аспекти екологізації землеробства. Харків : Вид-во "13 типографія", 2005. 167 с.
21. Ковальова О.М., Пасієшвілі Т.М. Біологічне та медичне значення

антиоксидантної системи захисту організму людини. *Медицина сьогодні і завтра*. 2021. №1(90). С. 21–32.

22. Ковальова О.М., Пасієшвілі Т.М. Біологічне та медичне значення антиоксидантної системи захисту організму людини. *Медицина сьогодні і завтра*. 2021. № 1 (90). С. 21–32.

23. Найкращі антиоксиданти для організму. URL: https://h2voda.com/ua/najkrashhi-antyoksydanty-dlya-organizmu/?srsltid=AfmBOooItP8lseryv1-jdMsPSF__XHpVY_xYcFdE8xGdLpPLohKIWZNY (дата звернення: 12.11.2023).

24. Нетюхайло Л.Г., Харченко С.В. Активні форми кисню (огляд літератури). *Молодий вчений*. 2014. Вересень. № 9 (12). С. 131–135.

25. Основи біологічного та адаптивного землеробства: навч. посіб. / Писаренко П.В., Горб О.О., Невмивако Т.В., Голік Ю.С. Полтава. 2009. 312 с.

26. Прісс О.П., Жукова В.Ф., Вплив екзогенних антиоксидантів на динаміку малонового діальдегіду в плодах томату при зберіганні. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/4346/1/64.pdf> (дата звернення: 08.10.2024).

27. Продукти від стресу: як правильне харчування допомагає під час війни. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/produkti-vid-stresu-yak-pravilne-harchuvannya-dopomagaye-pid-chas-viyni-2055940.html> (дата звернення: 12.11.2023).

28. Роль антиоксидантів у підтриманні здоров'я. URL: <https://bhealthyclinic.com.ua/news/rol-antioksidantov-v-podderzhanii-zdorovya/> (дата звернення: 12.11.2023).

29. Романовська Т. І., Осейко М. І. Антиоксиданти і прооксиданти у оздоровчому і дієтичному харчуванні. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 17-18 листопада 2021 р. Київ : НУХТ, 2021. С. 38–39.*

30. Сімахіна Г.О. Біоантиоксиданти – необхідні компоненти оздоровчого харчування. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7e0813e2->

b6c3-4cdd-9b1a-ca07158c3ee2/content (дата звернення: 22.11.2023).

31. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Ягідні культури як концентратори ефективних антиоксидантів. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e9ea27cd-735e-4086-9c79-382df7eb2bd6/content> (дата звернення: 26.08.2024).

32. Сімахіна Г.О. Біофлавоноїди у системі антиоксидантного захисту біологічних структур. *Наукові праці НУХТ*, 2011. №37. 103–109.

33. Сучасна хімічна номенклатура і термінологія в освіті як важлива складова хімічної безпеки / Голуб О.А., Корнілов М.Ю., Ісаєв С.Д., Попель П.П., Гордієнко О.В.; *Хімічна освіта в контексті хімічної безпеки: стан проблеми і перспективи*: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції / за заг. ред. В.П. Покася, В.С. Толмачової (видання друге, доповнене). Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2011. С. 98.

34. Тема 2. Принципи класифікації і номенклатури органічних сполук. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:5df7011dd2ba3fd1467ffc0f892ff9da2731ded5/latest/258900/index.html (дата звернення: 12.11.2023).

35. Тема 3. Застосування антиоксидантів для зберігання плодоовочевої продукції. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/lekcija-3-zastosuvannja-antioksydantiv-dlja-zberihannja-plodoovochevoyi-produkciyi..pdf> (дата звернення: 02.11.2024).

36. Чорний С.Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2020. 284 с.

37. Шестопап Г. С. Антиоксидантна здатність біологічно активних речовин плодів ягідних культур. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*, 2011. №12. с. 127–131.

38. Шестопап Г.С. Антиоксидантна здатність біологічно активних речовин плодів ягідних культур. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*, 2011. №12. С. 127–131.

39. Що таке антиоксиданти: визначення, вплив на організм, рекомендації щодо використання. URL: <https://www.medtechnika.com.ua/ua/blog/chto-takoe->

antioksidanty-opredelenie-vliyanie-na-organizm-rekomendaczii-po-ispolzovaniyu.html (дата звернення: 12.11.2023).

40. Що таке вільні радикали і як від них захиститися. URL: <https://bpol.city.kharkov.ua/shho-take-vilni-radykaly-i-yak-vid-nyh-zah/> (дата звернення: 12.11.2023).

41. Antioxidant synergism of green tea polyphenols with α -tocopherol and Lascorbic acid in SDS micelles. *Biochimie*. 2008. V.90. P.1499–1505.

42. Сімахіна Г.О. Біоантиоксиданти – необхідні компоненти оздоровчого харчування. *Наук. пр. нац. ун-ту харч. технологій*. 2008. № 25, ч. 1. С. 104–106.

43. Frankel E.N. Antioxidants in food and biology: facts and fiction. Oily Press: Oxford, 2007. 268 p.

44. Harborne J. B., et al. Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 2001. №18. P. 310–333.

45. Maqsood S. et al. Phenolic compounds and plant phenolic extracts as natural antioxidants in prevention of lipid oxidation in seafood: a detailed review *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014. Т. 13. №.6. С. 1125–1140.

46. Miwa, S., Beckman, K. B., Muller, F. L. Oxidative stress in aging: from model systems to human diseases. Totowa: Humana Press, 2008. URL: <https://vpbim.com.ua/wp-content/uploads/2023/06/7-min.pdf> (дата звернення: 12.11.2023).

47. Prevention of chilling injury in sweet bell pepper stored at 1.5 °C by heat treatments and individual shrink packaging. / E. Fallik, A. Bar-Yosef, S. Alkalai-Tuvia et al. *Folia Horticulturae*. 2009. Vol. 21 (2). P. 87–97.

48. Saura-Calixto, F., Goni, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 2006. №94(3), p. 442–447.

49. Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., Liu R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 2002. №50(250), p. 7449–7454.

50. Toor, R. K., Savage, G. P. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food chemistry*, 2006. №99(4), p. 724–727.
51. Viña, S. Z., Chaves A.R. Antioxidant response in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chem*, 2006. №94(1), p. 68–74.
52. Yen G. C., Duh P. D., Tsai H. L. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food chemistry*, 2002. T. 79. №. 3. C. 307–313.

Додаток А

Методика визначення чистоти насіння

Матеріали і обладнання. Технічні ваги, набір сит, розбірні дошки, шпателі, пінцети, лупи, совочки, лінійки.

Пояснення до завдання. Чистотою насіння називають відношення маси чистого насіння до маси насіння разом з домішками, виражене у відсотках.

Показники Госту для насіння деяких культур

Культура	Насіння основної культури, %	Відходи основної культури та домішок, %	У тому числі не більше		Схожість (не менше), %
			Насіння інших рослин (штук на 1 кг)	З них насіння бур'янів (штук на 1 кг)	
Пшеница м'яка	99,0	1,0	10	5	95,0
	98,5	1,5	40	20	92,0
	97,0	3,0	200	100	90,0
Тверда	99,0	1,0	10	5	90,0
	98,0	2,0	40	20	87,0
	97,0	3,0	200	100	85,0
	99,0	1,0	10	5	95,0
	98,0	2,0	80	40	92,0
	97,0	3,0	200	100	90,0
Ячмінь і овес	99,0	1,0	10	5	95,0
	98,5	1,5	80	20	92,0
	97,0	3,0	300	100	90,0
	99,0	1,0	10	5	95,0
	98,5	1,5	40	20	92,0
	97,0	3,0	150	100	90,0

Чистоту насіння можна виразити формулою: $X=A*B/100$

де X – чистота насіння %; а – маса чистого насіння; В – маса насіння разом з домішками (навішування).

Посівні якості насіння в період їх зберігання перевіряють в контрольно-насіньних лабораторіях. Для цього кожне господарство направляє в лабораторію середні зразки насіння, що відображають якість тієї партії, від якої вони відібрані. Для взяття середнього зразка з різних місць і з різних глибин партії насіння беруть щупом або черпаком невеликі проби (виїмки), які після огляду на однорідність ретельно перемішують між собою і отримують початковий

зразок масою до декількох кілограмів. З початкового зразка методом хрестоподібного ділення (мал. 1) відбирають середній зразок. Для цього насіння початкового зразка висипає на стіл або лист фанери і розрівнює у вигляді квадрата шаром до 1,5 див. Квадрат ділять по діагоналі на чотири частини, з яких два протилежні трикутники видаляють, а два що залишилися на столі змішують, знову розрівнюють у вигляді квадрата і знову ділять. Цю операцію продовжують до тих пір, поки не залишиться необхідна кількість насіння, встановлена державним стандартом для середнього зразка даної культури.

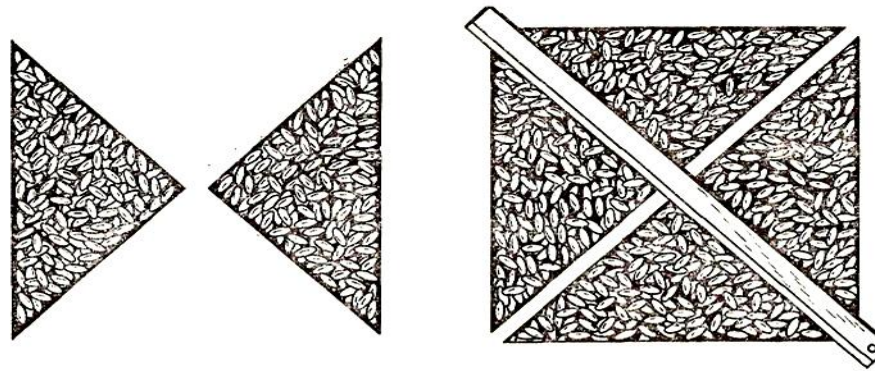


Рис. 1. Хрестоподібне ділення насіння.

Для насіння пшениці, іржі, вівса, ячменю, кукурудзи, гороху – 1000 г; для проса, конопель, льону – 500 г; для конюшини і люцерни – 250 г і для насіння тимофіївки, жита, овсяниці – 50 р.

Відібрані середні зразки і заповнені етикетки до них поміщають в мішечки (для визначення схожості, енергії проростання, чистоти) або в пляшки (для визначення вологості і зараженості насіння шкідниками комор).

Мішечки зашивають, а пляшки закривають пробками і заливають парафіном або сургучем. У такому вигляді середні зразки з відповідними документами (актами) відправляють в контрольно-насінну лабораторію. У лабораторії середній зразок насіння спочатку оглядають, визначають колір, запах і блиск насіння, за цими показниками в деякій мірі судять про якість насінного матеріалу. Потім проводять відповідні аналізи.

Для визначення чистоти насіння з середнього зразка методом хрестоподібного ділення виділяють навішування насіння. Для кукурудзи, бобів, гороху, квасолі – 200 г; сої, соняшнику, гарбуза, кавуна – 100 г; іржі, пшениці, вівса, ячменю, рису, гречки, чечевиці, вики – 50 г; проса, конопель, буряка – 20 г; конюшини, люцерни і житняка – 4 г; тимофіївки – 2 р.

Навішування насіння можна виділити і іншими способами (способом виїмок або за допомогою дільника).

Хід роботи.

1. Відважити на технічних вагах необхідне для тієї або іншої культури навішування.

2. Висипати навішування насіння на розбірну дошку або на іншу гладку поверхню.

3. Розібрати насіння (за допомогою шпателя) на фракції: чисте насіння основної культури і відходи. До останніх відносять відходи основної культури (биті, щуплі, дуже дрібне, роздавлене, цвіле і таке, що загнили насіння); живе сміття (насіння інших культурних рослин, насіння бур'янів, насіння, уражені головешкою, ріжки спорині, живі шкідники і т. д.); мертво сміття (грудки ґрунту, камінчики, уламки стебел, плівки насіння, екскременти комах, гризунів і т. д.).

4. Зважити кожен фракцію з точністю до другого десяткового знаку і обчислити чистоту насіння за вказаною вище формулою.

5. Дані визначення чистоти насіння записати в робочий зошит за наступною формою:

Культура	Маса наважки, г	Насіння основної культури		Відходи основної культури		Живе сміття		Мертве сміття	
		маса, г	%	маса, г	%	маса, г	%	маса, г	%

6. Підрахувати кількість насіння інших культурних рослин і бур'янів у 1 кг насіння досліджуваної культури.

Описана методика обов'язкова і в шкільній роботі по аналізу насіння.

Додаток Б

Методика визначення маси 1000 насінин

Мета роботи. Оволодіти методикою визначення маси 1000 насінин і визначити її для партії насінного матеріалу.

Матеріали та обладнання. Лічильні лопаточки або шпателі, розбірна дошка, розетка для насіння, терези та важки до них.

Теоретична підготовка до роботи. Засвоїти поняття «маса 1000 насінин», знати значення маси 1000 насінин як показника якості насінного матеріалу, використання цієї величини для різних розрахунків.

Хід роботи.

1. З чистого насіння (насіння без відходів) шпателем відберіть дві проби насіння по 500 шт. для крупнонасінних і по 1000 шт. для дрібнонасінних культур. Відбираючи зерна, скористайтеся вакуумним лічильником-розподільником насіння, керуючись інструкцією, яка додається до нього.

2. Зважте кожну пробу з точністю до 0,01 г.

3. Якщо результати зважування відрізняються один від одного не більш як на 3%, обчисліть масу 1000 насінин як середнє арифметичне двох показників. Якщо різниця результатів зважування велика, візьміть третю пробу і обчисліть середнє за двома пробами, в яких вона найменша.

Форма запису результатів

Культура	Перша проба		Друга проба		Маса 1000 насінин, г
	кількість насінин, шт.	маса, кг	кількість насінин, шт.	маса, кг	

Аналіз результатів роботи. Порівняйте добуті величини з середньою масою 1000 насінин, характерною для культури (табл. 1), і оцініть якість насіння партії за ви. значеним показником (маса 1000 насінин).

Таблиця 1.

Середня маса 1000 насінин деяких культур

Культура	Маса 1000 насінин, г	Культура	Маса 1000 насінин, г
Озима пшениця	35,5	Соняшник	105
		Льон	4,4
Жито	28,8	Буряк	21,2
Ячмінь	41,0	Морква	1,2
Овес	28,7	Люцерна	2,0
Кукурудза	225	Конюшина червона	1,7
Горох	235 (100–300 залежно від сорту і різновиду)	Тимофіївка	0,4

Додаток В**Методика визначення схожості й енергії проростання насіння**

Мета роботи. Оволодіти методикою визначення схожості й енергії проростання насіння і визначити їх для партії насінного матеріалу.

Матеріали та обладнання. Ростильні, або чашки Петрі, фільтрувальний папір або пісок, шпателі або лічильник-розподільник, термостат.

Теоретична підготовка до роботи. Засвоїти поняття «схожість насіння», «енергія проростання», знати значення схожості й енергії проростання насіння як показників їх якості.

Пророслим вважають насіння з нормально розвинутим корінцем, розміром не меншим за довжину, а для круглого насіння – не меншим за діаметр насінини.

Хід роботи.

1. Із чистого повноцінного насіння відберіть чотири сотні насінин, кожен сотню окремо (для крупнонасінних культур чотири повторності по 50 шт.).

2. Помістіть кожен сотню насіння у ванночку або чашку Петрі, попередньо насипавши в неї шар піску 1,5–2 см, діаметром частинок 0,5–1 мм або поклавши кілька шарів фільтрувального паперу. Насінини розмістіть на відстані близько 1 см одна від одної.

3. Зволожите пісок або папір, вкрийте розкладене насіння шаром фільтрувального паперу,

4. Помістіть насіння в термостат і пророщуйте зернові культури, бобові, льон, коноплі, соняшник при температурі +20 °С; гречку, кукурудзу, просо, овочеві і баштанні культури, злакові трави - шість годин на добу при температурі +30 °С, а останні 18 год при температурі +20 °С (табл. 1).

5. Підрахуйте двічі (через час, встановлений для визначення енергії проростання і схожості) в кожній чашці (ростильній) кількість пророслого насіння, виразіть його в процентах і обчисліть середнє з чотирьох повторностей.

Таблиця 1.

Строки пророщування насіння різних культур для визначення енергії проростання і схожості

Культура	Час для визначення, діб	
	енергія проростання	схожість
Кукурудза, просо, пшениця м'яка, жито, ячмінь, горох, сочевиця, коноплі, льон, соя, соняшник, соя, люцерна синя і гібридна, бруква, редиска, ріпа, турнепс.	3	7
Овес	4	7
Гречка, пшениця тверда, квасоля, тимофіївка	4	8
Вика озима і яра, кенаф, кунжут, мак, гарбуз, кабачки, капуста	3	10
Рис, боби кінські, арахіс, конюшина, люпин, люцерна жовта, житняк, салат	4	10
Рицина, цукровий буряк, махорка, серадела, еспарцет, костриця лучна, райграс, суданка, морква, буряк столовий і кормовий	5	10
Тютюн, помідори	6	12
Грястиця збірна, лисохвіст, костриця червона, пирій безкореневищний, баклажан, петрушка, селера, кріп	7	14

Форма запису результатів:

Кількість пророслого насіння, %									
... день (енергія проростання)					... день (схожість)				
1-а чашка	2-а чашка	3-я чашка	4-а чашка	Середнє	1-а чашка	2-а чашка	1 3-я чашка	4-а чашка	Середнє

Аналіз результатів роботи. За табл 2 визначте до якого класу належить насіння парти. Дайте оцінку їх енергії проростання, знаючи, що вона чисельно має бути якомога ближчою до величини схожості. Поясніть останню закономірність.

Таблиця 2.

Показники чистоти й схожості

Культура	Клас	Насіння основної культури, %	Відходи, %	У тому числі, шт. на 1 кг		Схожість, %
				Насіння інших рослин	З них насіння бур'янів	
Озиме й яре жито	I	99	1	10	5	95
	II	98	2	100	50	90
	III	97	3	200	100	90
Овес	I	99	1	10	5	95
	II	98,5	1,5	100	25	95
	III	97	3	300	100	90
Ячмінь	I	99	1	10	5	95
	II	98,5	1,5	100	25	95
	III	97	3	300	100	90
Просо	I	99	1	16	10	95
	II	98,5	1,5	80	50	90
	III	97	3	300	150	85
Гречка	I	99	1	10	5	95
	II	98,5	1,5	50	25	90
	III	97	3	150	100	90
Кукурудза	I	99,8	0,2	0	0	95
	II	99,5	0,5	0	0	90
	III	99	1	0	0	85
Пшениця озима М'яка	I	99	1	10	5	95
	II	98,5	1,5	50	25	90
	III	97	3	200	150	90
Пшениця яра М'яка	I	99	1	10	5	95
	II	98,5	1,5	50	25	90
	III	97	3	200	100	90
Пшениця тверда і яра	I	99	1	10	5	90
	II	98	2	50	25	85
	III	97	3	200	100	85

Методика визначення інтенсивності транспірації та відносної транспірації ваговим методом.

Матеріали та обладнання: листки пеларгонії та іншої кімнатної рослини, пробірки, терези, технічні ножиці, пінцет, леза, кристалізатор для води, тонкий шпагат, негігроскопічна вата, чорний папір, фільтрувальний папір, чашка Петрі, лінійка.

Хід роботи.

З рослини зрізають листок з довгим черешком, який гострим лезом підрізують під водою на 1–2 см. Лист з черешком поміщують в пробірку з водою і закривають отвір пробкою з негігроскопічної вати. Застосовуючи тонкий шпагат, пробірку з листком прикріплюють до коромисла технічних терезів та зважують.

Для вивчення впливу зовнішніх факторів на інтенсивність транспірації штучно створюють різноманітні умови досліду – яскраве світло, теплий вітер, затемнення і т.п.

Через годину (можна більше) проводять повторне зважування пробірки з листком. Різниця в масі між першим та другим зважуванням свідчить про кількість води, що випарувалась з поверхні листової пластинки за певний проміжок часу.

Інтенсивність транспірації (E_T , г/м², год) розраховують за формулою:

$$E_T = \frac{10^4 \times M_l}{S_l \times t}$$

де: M_l – різниця в масі за час досліду, г;

S_l – площа листка, см² ;

t – тривалість досліду, год;

10^4 – коефіцієнт для переведення в м².

Площу поверхні зрізаного листка визначають ваговим методом.

Для цього зважують паперовий квадрат розміром 100 см^2 ($10 \times 10 \text{ см}$). Потім, приклавши до квадрату зрізаний листок, обводять загостреним олівцем контур листкової пластинки, вирізують його і зважують.

Складають пропорцію і знаходять площу листка ($S_{\text{л}}$):

$$S_{\text{л}} = \frac{100 \times B}{A}$$

де A – маса паперового контуру, г;

B – маса паперового квадрату площею 100 см^2

В тих самих умовах проводять визначення інтенсивності випаровування з вільної водної поверхні ($E_{\text{и}}$, $\text{г}/\text{м}^2$, год) розраховують за формулою:

$$E_{\text{и}} = \frac{104 \times M}{S \times t},$$

де, M – різниця в масі за час дослід, г;

S – площа поверхні води в чашці Петрі (η^2), см^2 ;

t – тривалість дослід, год.

Знаходять величину відносної транспірації ($E_{\text{от}}$):

$$E_{\text{от}} = \frac{E_{\text{т}}}{E_{\text{и}}}$$

Отримані результати заносять до таблиці, порівнюють. Роблять висновки про залежність інтенсивності транспірації та відносної транспірації від зовнішніх умов та про здатність рослин регулювати транспірацію.

**Методика визначення об'єму кореневої системи
(за Д.А. Сабініним та І.Д. Колосовим)**

Мета: визначити об'єми корневих систем рослин, вирощених за допомогою водних культур (або інакше).

Матерний та обладнання: рослини, дистильована вода, об'єм мір, кристалізатор, штатив, бюретка, фільтрувальний папір.

Порядок виконання досліду.

1. На штативі закріплюють скляну посудину. Нижню частину її з'єднують гумовою трубкою з градуйованою піпеткою на 1-2 мл. На тому ж штативі під невеликим кутом прикріплюють і градуйовану піпетку. Скляні частини приладу вимивають хромовою сумішшю, заливають в нього дистильовану воду.

2. Перевіряють, чи працює прилад: в посудину з водою занурюють пробірку, при цьому меніск переміщується в піпетці. Якщо меніск не рухається, в гумовій трубці є повітря, яке треба видалити..

3. Рослини, відібрані для аналізу, складають а пучок так, щоб кореневі шийки були на одному рівні. Корені злегка просушують фільтрувальним папером, відмічають положення в піпетці меніска і занурюють кореневу систему у воду. Рівень води у посудині підвищується, і меніск в піпетці підніметься до певного положення.

4. Якщо відстань, яку проходить меніск, незначна, збільшують нахил піпетки, підвищуючи чутливість приладу. Корені виймають і чекають, поки вода стече в посудину.

5. Якщо після стікання води меніск буде нижче, в посудину обережно доливають воду доти, доки меніск не займе своє первинне положення.

6. На штативі над посудиною закріплюють бюретку з дистильованою водою. Воду випускають в посудину, поки меніск не займе інше положення. Долитий об'єм води з бюретки дорівнюватиме об'єму кореневої системи досліджуваних рослин.

7. Визначення повторюють кілька разів, визначають середню величину

об'єму кореневих систем.

8. У висновку відзначити, що може негативно вплинути на визначення об'єму кореневої системи за даним методом, чи можна за об'ємом кореневих систем проростків прогнозувати продуктивність рослин.