

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Арзу Догру кизи Гусейнова — д-р екон. наук, проф., кафедра цифрової економіки, Інститут наукових досліджень економічних реформ, Азербайджан, Баку, вул. Г. Зардабі, 88, AZ1011; +994 (012) 492-59-04; arzu.huseynova@economy.gov.az; ORCID: 0000-0002-0981-9923

Маммедова Арзу Імамверді кизи — канд. фіз.-мат. наук, доц., кафедра цифрової економіки, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Азербайджан, Баку, вул. Істікляліят, 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; m.arzu@unec.edu.az; ORCID: 0000-0002-6364-2786

Абілова Арзу Сабір кизи — викладач, кафедра цифрової економіки, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Азербайджан, Баку, вул. Істікляліят, 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; arzu_abilova@unec.edu.az; ORCID: 0000-0001-6879-8061

Гаджикерімова Хатун Гедір кизи — гол. викладач, кафедра економіки та управління, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Закатальська філія, Азербайджан, Баку, вул. Закаталі Ахмед Раджаблі, 4; +994 (055) 204-94-29; khatun.hajikerimova@unec.edu.az; ORCID: 0000-0003-2721-6613

Гасанова Хейран Рехім кизи — гол. викладач, кафедра цифрової економіки, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Азербайджан, Баку, вул. Істікляліят, 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; h.hasanova@unec.edu.az; ORCID: 0000-0001-8814-3150

Мазанова Офелія Ідрис кизи — гол. програміст LMS, Азербайджанський державний економічний університет (UNEC), Азербайджан, Баку, вул. Істікляліят, 6, AZ1001; +994 (012) 492-59-04; ofelya.mazanova@unec.edu.az; ORCID: 0000-0001-7344-3492



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2022-4-03>

УДК 663.432 : 663.437

О. А. ПІВОВАРОВ, д-р техн. наук, проф.

О. С. КОВАЛЬОВА, канд. техн. наук, доц.

Х. В. МАЦЮК, магістр

ІННОВАЦІЙНІ СТИМУЛЯТОРИ ПРОРОСТАННЯ ЗЕРНА ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Резюме. Важливим питанням агротехнологічного сектору України є винайдення оптимальних умов і ресурсів для пророщування зерна різних культур. Для їх швидкого росту, стійкого перенесення зміни умов, виробництва високоякісної продукції довготривалого зберігання необхідні інноваційні технологічні чинники. Задля отримання необхідних технологічних властивостей пророслого зерна було досліджено та встановлено те, який саме природний стимулятор проростання найкраще відповідає вимогам сьогодення. Для пророщування було обрано насіння маша (бобів мунг), а в ролі стимулятора проростання використовували подрібнену яєчну шкаралупу, хлорофіліт, кальцій глюконат. Було відмічено покращення смакових якостей пророслого зерна та підвищення показників проростання.

Ключові слова: мікрогрін, здорове харчування, вітаміни, зернобобова культура маш (боби мунг), ґрунт, стимулятори росту природного походження.

ВСТУП

На сучасному етапі величезний вплив на здоров'я має якісне, різноманітне, раціональне харчування. Так, у дослідженні [1] було визначено стан економічної доступності продуктів харчування як складової економічної безпеки України. Доступність продуктів харчування є одним із головних компонентів продовольчої безпеки, що визначає рівень споживання їжі, збалансованість харчування, якість та тривалість життя.

Варто зауважити, що Україна є однією з держав, що забезпечують харчову стабільність у світі [2].

Тому насамперед перед науковцями постає задача максимально забезпечити промисловість новітніми розробками у сфері харчування та переробної промисловості, з мінімальною шкодою для навколишнього середовища або взагалі виключити будь-які ризики для екології, економіки країни і світу [3].

Модна нині тенденція вести здоровий спосіб життя нарешті змусила всіх звернути увагу на те, що і як ми їмо. Отримувати максимум користі від їжі, харчуватися правильно і красиво — те, що рекомендують дієтологи, психологи, та до чого так прагнуть фудблогери та фітнес-тренери. У контексті підвищеної уваги до харчової цінності продуктів з'явився термін «суперфуд». Характеристику «суперфуд» приписують продуктам, які містять велику і концентровану кількість мінералів, вітамінів та інших корисних речовин. Одним із таких продуктів є **мікрогрін** (мікрозелень), що зовсім нещодавно став поширеним у нашій країні. Він є досить популярним серед кулінарів, адже, окрім користі, відрізняється неабиякою фотогенічністю та смаковими якостями. Мікрогрін — це невеликі паростки овочів, зелені і трав, які збирають і вживають в їжу після 7–14 днів від початку посіву. Розміри варіюють від 2,5 до 4,0 см [4].

Мікрозелень — це молода, ніжна зелень, яку використовують для покращення кольору, текстури або смаку салатів та основних страв. Їх можна вирощувати в невеликих масштабах і в приміщенні, що робить їх широко застосовуваними в сільському господарстві з контролем середовищем, практика вирощування в закритих приміщеннях особливо важлива для годування міського населення, адже його кількість постійно зростає. Окрім того, мікрозелень привертає дедалі більше уваги споживачів завдяки своїй високій харчовій цінності й унікальним сенсорним характеристикам. Мікрозелень багата на вітаміни (наприклад, вітамін С), мінерали (наприклад, мідь та цинк) та фітохімічні речовини, зокрема каротиноїди та фенольні сполуки, які діють як антиоксиданти в організмі людини. Органолептичні властивості, а також загальна прийнятність та симпатія до мікрозелені насамперед залежать від її фітохімічного складу. Мікрозелень стає популярною лише останніми десятиліттями, і дослідження мікрозелені все ще перебувають на ранній стадії. Необхідними є додаткові дослідження для оптимізації передзбиральної та післяжнивної практики для збільшення та збереження поживних речовин, а також для вивчення потенційної користі для здоров'я різних видів мікрозелені для профілактики та лікування хронічних захворювань [5]. Мікрозелень має величезний потенціал для підвищення поживної цінності раціону людини, враховуючи високий вміст корисних сполук. З іншого боку, вона викликає дедалі більший інтерес не лише через їхню харчову цінність, а й через їх цікаві органолептичні властивості та комерційний потенціал [6].

Вперше про мікрогрін вчені заговорили у 1970-х рр., коли шукали максимально корисні продукти для космонавтів, щоб допомогти їм вижити під час довготривалих польотів. Чому мікрозелень гарний вибір для космонавтів? Вона займає мало місця для зростання; відростає швидко (типові сорти за 10–14 днів); має високу поживну цінність; вона ароматна [7].

Уже через 10 років страви з додаванням мікрогрину з'явилися в меню ресторанів Сан-Франциско. Вони були не лише корисні, а й надзвичайно смачні, тому не дивно, що мікрогрін швидко поширився світом [8].

У той час його різновидів було зовсім небагато — це базилік, рукола, буряк, капуста та суміш Rainbow Mix, а от сьогодні в США працює спеціалізована промисловість, що займається виробництвом мікрогрину. Так, 12 сімейств рослин, що найчастіше вирощуються як мікрозелені, представлені в **табл. 1**. Багато з цих трав та овочів добре відомі своєю користю для здоров'я. Овочі Brassica, зокрема, містять сполуки, зокрема глюкозинолати, каротиноїди та селен. Продукти гідролізу цих глюкозинолатів мають антимікробні властивості *Amaranthaceae*, *Ariaceae* та *Lamiaceae* також корисні для здоров'я, а рослини *Alliaceae* та *Lamiaceae* здатні виробляти протимікробні сполуки [8].

Це справжнє джерело вітамінів, мінералів, корисних ферментів, особливо в період міжсезоння і зимових місяців, коли ціна на свіжу зелень дуже висока. Страви з додаванням мікрозелені чудово засвоюються і містять максимальну кількість корисних для здоров'я компонентів. Вміст корисних компонентів в мікрозелені в десятки разів більший, а калорійність при цьому в декілька разів нижча в порівнянні з дорослою рослиною. Це відбувається через те, що на стадії зародження в паростка максимально мобілізуються всі функції, що допомагає рослині вижити [9; 10].

Вчені науково довели, що в пророслому насінні та молодих паростках міститься в 50 разів більше ферментів, ніж у сирих овочах, фруктах і зелені, не кажучи вже про ті, що були піддані тепловій обробці [11].

Ферменти — це унікальні білки, які діють як прискорювачі для всіх обмінних процесів нашого організму. Ферменти руйнуються при нагріванні, тому після теплової обробки овочів ми практично не отримуємо корисних речовин [12].

Тому вживання мікрозелені є унікальним і доступним інструментом для оздоровлення, а вирощування настільки просте, що з ним впроваджується навіть людина, що не має відповідних навичок. Насіння для вирощування мікрозелені повинно бути лише екологічно чистими і необ-

Таблиця 1

Розподіл організацій і проєктів за регіонами України

Сімейство	Зазвичай вирощувана мікрозелень
Alliaceae	Шніт-цибуля, цибуля шалот, цибуля, часник
Amaranthaceae	Шпинат, амарант, буряк, мангольд, горіх і пурпуровий спрей
Apiaceae	Селера, кінза, кервель, кріп, петрушка, морква, кріп
Asteraceae	Салат, ендивій, соняшник, гірлянда хризантема, шунгіку, тагетес (нагідки)
Brassicaceae	Гірчиця, капуста, броколі, цвітна капуста, редис, татсой, васабі, рукола, кресс салат, кольрабі, мізуна, ріпа, савойська капуста, комацуна, пак-чой, когане, настурція, брюссельська капуста, рапіні, бруква
Cucurbitaceae	Огірок
Fabaceae	Запашний горошок, люцерна, пажитник, адзуки, фава
Lamiaceae	М'ята, базилік, чіа, меліса
Oxalidaceae	Мокриці, конюшина
Poaceae	Кукурудза, лимонник
Polygonaceae	Гречана крупа
Portulacaceae	Клейтонія, портулак

робленими. Вік паростків для вживання в їжу становить від 2 до 8 тижнів. Під час вирощування мікрозелені з обробленого насіння отруйна фунгіцидна оболонка, якою оброблене насіння, не встигає розкластися, що може викликати отруєння і негативно вплинути на здоров'я. Також бажано купувати спеціально підібрані сорти саме для вирощування мікрозелені. Це пов'язано з особливістю, що вся палітра смаку культури має розкриватися з самого початку вегетації, а не набиратися рослиною в дорослому віці [13].

Способи вирощування мікрозелені: в ґрунтосуміші (наприклад, з використанням торфу різного ступеню розкладання); в безґрунтовій суміші (кокосовий торф, кокосове волокно, перліт, вермикуліт, пісок, гідрогель); на поливному маті або агроволокні; у спеціальній банці чи ємності для вирощування мікрозелені [14].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Особливо цікавою та новою культурою для України є представник зернобобової культури — маш (боби мунг) [15]. Культура маш має великий інтерес для впровадження в сільсько-господарському виробництві. Із розвитком фермерських господарств є перспективи збільшення її площ вирощування в основному і повторному посівах як основної та сполученої культури [16]. Обробка скоростиглих сортів маша (бобів мунг) дозволить отримати ранню продукцію, що

сприяє вчасному звільненню поля для повторної культури. Паралельно розв'язується проблема підвищення родючості ґрунту, а зелена маса маша може бути додатковим джерелом для кормовиробництва. Універсальність використання цієї культури свідчить про її потенціал та цінність для сільського господарства, оскільки маш — це продовольча, технічна, білкова, кормова та сидеральна культура [17].

Культура має декілька назв: боби мунг, золотиста квасоля, вігна промениста, прийшла до нас з Південно-Східної Азії. Це однорічна рослина (**рис. 1**). Стебло прямостійне, ребристе, заввишки 1,5 м, міцне, жорстке, волосисте. Самозапилювана рослина. Квіти має жовті чи лимонно-жовті. Плід — боб, циліндричної форми, опушений, вузький і довгий. Насіння дрібні жовті чи зелені, інколи в цяточку зерна.

За результатами досліджень, проведених в Криму ще у 2001–2006 рр., маш цілком може стати перспективною нішевою культурою на півдні України. Маш (боби мунг) — рідкісний вид бобової рослини азійського походження, який з успіхом можна вирощувати в якості харчової, овочевої та кормової культури. У промислових масштабах цю культуру культивують у Китаї, Пакистані, Таїланді та Індонезії [17; 18].

Фахівці рекомендують сіяти боби з середини травня до середини червня. Маш може мати три види зрілості: ранні сорти дозрівають за 60–80 днів, існують сорти стоденного

дозрівання та сорти з терміном дозрівання 120 днів [19].

Величезний ринок збуту, тренд на здорове харчування, а також здатність бобових відроджувати родючість ґрунту є причинами, які мають спонукати аграріїв вирощувати маш. У Китаї боби мунг висаджують разом з кукурудзою, кавуном і бавовною [20].

Згідно з даними Plant Resources of the World (PROW), маш є швидко ростучими бобами, які досягають зрілості при температурі 28–30°C, за умови, що в процесі росту рослин, температура буде не нижче 15°C. Боби мунг посухостійкі та не потребують значної кількості води. Окрім цього, культура чутлива до перезволоження. Унаслідок високої вологості, плоди мунг можуть прорости ще до збирання, тому якість врожаю буде зіпсовано. До ґрунтів рослина також не має підвищених вимог, але найкраще росте на добре осушеному суглинку або супіску (рН 5–8). Стійкий маш й до засолених ґрунтів. Урожай збирають зазвичай у два етапи: спочатку в червні, а потім у листопаді. Такий процес зумовлений поступовим дозріванням насіння — зібрати насіння маша одноразово просто неможливо. Маш — особливо невибаглива культура. Достатньо провести 1–2 поливи. Механізоване прибирання, здійснюється зернозбиральним комбайном [21].

Насіння маша дуже поживне, містить близько 50 % крохмалю, 4 % жирів та корисні мінеральні речовини. Містить цінну клітковину, вітаміни групи В, мінеральні речовини: калій, кальцій, натрій, магній, залізо, фосфор. Через свою високу поживну цінність, особливо в насінні, боби мунг слугують важливим джерелом їжі та корму для людей і тварин. Насіння бобів мунг містить близько 20,97–31,32 % білка в порівнянні з 18–22 % та 20–30 % за вмістом білка в сої та квасолі, відповідно. Окрім того, вміст білка в насінні бобів мунг приблизно вдвічі вище, ніж у насінні кукурудзи, з нижчим вмістом запасного білка (від 7 до 10 %) і значно більш високим вмістом білка, аніж у звичайних коренеплодах [22].

Оскільки він допомагає: зміцнити імунну систему; стабілізувати та привести в норму рівень холестерину, який є причиною виникнення серцево-судинних захворювань; збільшити гостроту зору; збалансувати гормональний фон у жінок; підвищити працездатність; нормалізувати обмінні процеси; швидко насититися, що важливо в боротьбі з ожирінням [23; 24]. До цього переліку можна додати легкий сечогінний ефект, здатність загоювати рани при опіках, допомога при харчових отруєннях. Боби мунг застосовують у лікуванні деяких запальних і інфекційних захворювань [25].

Мета роботи — вивчення впливу різних природних стимуляторів на бобові, які можуть бути використані надалі для отримання хорошої якості всходів мікрогріну та кількісного збору врожаю, який збільшує вихід готового продукту для зберігання, продажу та переробки продукту.

Завдання дослідження полягає в аналізі впливу природних стимуляторів на органолептичні, фізико-хімічні показники насіння, проведені дослідження зовнішнього стану насіння в процесі пророщування та досліджені швидкості, здатності й енергії проростання, визначити найбільш ефективний стимулятор.

Дослідження останніх років показали, що проростки бобів мунг після пророщування мають більш виражену біологічну активність і щедріші вторинні метаболіти, оскільки на початкових стадіях проростання активуються відповідні ферменти біосинтезу. Таким чином, вважається, що пророщування покращує поживні та лікувальні якості бобів мунг [26].

Високоєфективне використання бобів мунг, згідно з даними наукових експериментів, сприяє їх застосуванню як здорової їжі, ліків і косметичних засобів [27].

У праці [28] визначено вплив проростання на фітохімічні профілі та антиоксидантну активність паростків маша. Проростання бобів мунг різко збільшило вміст вітаміну С у паростках залежно від часу і досягло піку на 8-й день проростання до 285 мг/100 г сухої маси, що майже в 24 рази перевищує вихідну концентрацію в насінні бобів мунг. У перерахунку на сиру вагу одна порція паростків маша (близько 104 г) містить 21,6 мг вітаміну С, що відповідає 36 % денної норми людини. Окрім того, проростання різко збільшило загальну кількість фенольних сполук і загальну кількість флавоноїдів у паростках маша залежно від часу до 4,5 і 6,8 рази вище, аніж вихідна концентрація насіння маша, відповідно. Вміст кверцетин-3-О-глюкозиду було значно збільшено в паростках маша після проростання. Загальна антиоксидантна активність проростків маша була збільшена у 6 разів вище, аніж у насінні маша. Таким чином, проростання паростків маша значно збільшує фітохімічний вміст, а також вміст вітаміну С та антиоксидантну активність.

Відомо декілька методів стимулювання процесу пророщування насіння бобів мунг. Їх умовно можна поділити на фізичні, хімічні та з застосуванням природних матеріалів.

Вплив високочастотних електромагнітних полів із безперервною хвилею на боби мунг та водні конволюси вивчали на різних стадіях росту — передпосівну та ранні сходи. Зокрема було вивчено вплив потужності та тривалості

електромагнітного джерела (визначуваного як рівень потужності-тривалості) на зростання двох видів. Боби мунг і водяні берізки піддавалися впливу електромагнітних полів усередині спеціально сконструйованої камери для оптимального поглинання поля, і відстежувалися реакції насіння на постійну частоту при різних рівнях потужності та тривалості дії. В експериментах використовувалася частота 425 МГц, напруженість поля 1 мВт, 100 мВт і 10 Вт, час дії 1, 2 та 4 години. Результати показують, що збільшення проростання є оптимальним для бобів мунг при рівні потужності 100 мВт/1 годину, тоді як для водних конвольвюлюсів оптимальний рівень потужності проростання становить 1 мВт/2 години. Аналіз вмісту води в насінні свідчить про теплові ефекти лише за більш високої напруженості поля [29].

Було вивчено вплив плазмово-активованої води (ПАР) на проростання насіння та зростання проростків маша. Дистильована вода піддавалася впливу нетермічної плазми протягом 15, 30, 60 та 90 с для приготування ПАР, який був визначений як ПАР 15, ПАР 30, ПАР 60 та ПАР 90 відповідно. Швидкість проростання, характеристики росту, загальний вміст фенолів і флавоноїдів були максимальними, коли насіння бобів мунг обробляли ПАР 15, а потім знижувалися протягом тривалого часу активації плазми (30–90 с). ПАР 15 не викликав помітних змін антиоксидантної здатності проростків порівняно з дистильованою водою. Однак антиоксидантна активність проростків, приготовлених з ПАР 30, ПАР 60 і ПАР 90, була значно знижена у порівнянні з проростками, замоченими в дистильованій воді. Таким чином, ПАР можна використовувати для покращення виробництва паростків, але параметри процесу мають бути оптимізовані для кожної програми [30].

Плазмова стимуляція може вибірково впливати на проростання насіння бобів мунг і гірчиці. Плазма діелектричного бар'єрного розряду при атмосферному тиску використовувалася для обробки насіння маша та гірчиці, щоб вивчити їхню реакцію з точки зору швидкості проростання при прямих і непрямих методах обробки плазмою. Така непряма обробка плазмою показала позитивне стимулювання проростання насіння бобів мунг і насіння гірчиці, тоді як пряма обробка плазмою лише збільшила швидкість проростання бобів мунг, пригнічуючи схожість насіння гірчиці. Це посилення проростання було пов'язане з продукованими плазмою активними іонами, включаючи іони з тривалим терміном життя та короткоживучі окислювальні радикали в рідкому стані. Короткоживучі радикали, наприклад, гідроксильний радикал і

інші активні частинки, надавали більш чутливу стимулюючу дію через їх сильнішу хімічну та біологічну активність [31].

Цікавими є дослідження, пов'язані зі стимуляцією пророщування насіння бобів мунг шляхом замочування в розчині сахарози з концентрацією 0,5 г/л на 24 години при 25°C обприскували цим розчином кожні 12 годин під час пророщування протягом 5 днів. Результати досліджень показали, що екзогенна сахароза значно збільшувала вміст вітаміну С протягом усього періоду проростання, а проростки, оброблені сахарозою, містили на 23 % більше вітаміну С (20,8 мг/100 г сирової маси), ніж контрольні проростки на 5-й день. Це може бути пов'язане з вищим рівнем глюкози. Загальний вміст фенолів та активність супероксиддисмутази, каталази та аскорбатпероксидази були значно вищими у проростках маша, оброблених сахарозою, ніж у контролі, що сприяло вищій антиоксидантній активності проростків, оброблених сахарозою. Ці результати показують, що екзогенна обробка сахарозою збільшує вміст вітаміну С і загальної кількості фенолів, а також посилює антиоксидантну активність у паростках бобів мунг, а екзогенна обробка сахарозою може бути ефективним методом виробництва паростків маша з великою кількістю вітаміну С та вищою антиоксидантною здатністю [32].

Антимікробні препарати також можна використовувати для пригнічення росту мікроорганізмів при вирощуванні паростків бобів мунг, але вплив на паростки таких бобів неясний. Скринінг антимікробних залишків у паростках квасолі мунг із товстими бруньками та без коренів показав, що позитивні співвідношення хлорамфеніколу, енрофлоксацину та фуразолідону становили 2,78 %, 22,22 % та 13,89 % відповідно. Експеримент з культивування показав, що виробництво паростків бобів мунг у антимікробних групах було значно знижено протягом 96 годин. Довжина бруньки та кореня паростків бобів мунг у групах енрофлоксацину, олаквіндоксу, доксицикліну та фуразолідону були значно вкорочені, що культивувало паростки бобів мунг із товстими бруньками та без коренів. Залишки антимікробних засобів були виявлені як у паростках бобів мунг, так і в циркулюючій воді, що наявно вказує на те, що зловживання антимікробними препаратами в швидкозростаючих овочах може бути потенційною проблемою безпеки харчових продуктів [33].

Короткий літературний огляд вказує на перспективність пошуку нових технологічно й економічно обґрунтованих препаратів стимулюючої дії у разі пророщування мікрозелені. Навіть з наведених прикладів зрозуміло, що в якості

стимулюючих препаратів пророщування вихідної сировини для зростаючого споживчого попиту мікрозелені можна використовувати лише такі, які попадають під відомий принцип — не нашкодити здоров'ю споживача за умови високої якості кінцевого продукту.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження використовували насіння маша (бобів мунг) (100 шт.) та три види стимуляторів: 1) дистильована вода настояна на яєчній шкаралупі (Eggshell) (концентрація 50 г : 1 л води); 2) хлорофіліпт таблетований (Chlorophyllipt) (доз. 25 мг — 1 табл. : 1 л води); 3) кальцію глюконат (Calcium glukonate) таблетований (доз. 500 мг — 1 табл. : 1 л води) і контрольний зразок — чиста дистильована вода.

Пророщування відбувалося в електричному пророщувачі з автоматичним цілодобовим обприскуванням водою, температурою в діапазоні від +15 до +25 °C та заміною чистої води (раз на добу), адже в деяких зразках було присутнє помутніння і зіпнення води з різким запахом (шкаралупа яєць і хлорофіліпт). Попередньо насіння маша не замочувалося. Насіння викладалося на сито з отворами діаметром 3 мм, для вільного проростання коріння, у підставну чашу з водою, оскільки у бобових дуже розвинена коренева система. Встановлюється температурний режим, знімаються показники перший раз на 3 добу для розрахунку енергії проростання і на 5 добу для визначення здатності до проростання.

Яєчна шкаралупа Eggshell — дешева і водночас дуже цінна натуральна сировина, яка містить високу концентрацію солей кальцію, а також магній, калій, сірку та інші мінеральні

речовини, яку можна застосовувати як добриво для рослин (**рис. 1**). Виявлення відбувається за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM)). Яєчна шкаралупа з поперечними тріщинами показує кальцифіковану яєчну шкаралупу (ES), що складається з кутикули (C), вертикального кристалічного шару (VCL), палісадного шару (PL) та шару соскоподібних конусів (MCL); з асоційованими оболонками яєчної шкаралупи (ESM) дихальна пора (P); порова пробка (ПП)).

Яєчну шкаралупу, наприклад, застосовують для культур, які краще ростуть у нейтральному або лужному ґрунті і для його структурування: розпушуючу дію, знижуючи щільність ґрунту, підвищуючи аерацію, водопроникність; збагачення ґрунтового складу мінеральними компонентами, що необхідні для росту та повноцінного розвитку рослин; активізує життєдіяльність організмів, які дозволяють ініціювати процеси розкладання органіки; стимулює ґрунтових мікроорганізми, що підвищують родючість ґрунту і беруть участь у процесі насичення рослин азотом [34].

Обмежити використання яєчної шкаралупи варто у випадках: проведення агротехнічних заходів, які передбачають внесення кальцієвісних мінеральних добрив, оскільки надлишок цього елемента призводить до зниження засвоюваності азоту, життєво необхідного рослинам на стадії активного зростання та набору зеленої маси; обробітку ґрунтів із високим вмістом рН. Внесення шкаралупи виправдано лише на кислих, глинистих ґрунтах [35].

Хлорофіліпт є сумішшю хлорофілів (зелений пігмент рослин, водоростей, ціанобактерій) з листів евкаліпта. Препарат має протимікробну дію, особливо відносно стафілококів, зокрема пеніциліностійких стафілококів [36].

Хлорофіліпту притаманна антисептична, бактерицидна та протизапальна дії. Завдяки світлопоглинаючим властивостям катаболіти хлорофілу є токсичними для клітин, викликають утворення радикалів і окисні зміни, але рослини сформували стійкий механізм перетворення хлорофілу в нетоксичні речовини (прозорі продукти розпаду). Тобто руйнування хлорофілу відбувається як процес детоксикації рослини. Продукт розпаду хлорофілу виконує фізіологічну роль як антиоксидант і захищає рослину від передчасного старіння й ураження тканин рослини від патогенних інфекцій. У дослідженнях доведено, що хлорофіл та його похідні мають антимутагенні, антиканцерогенні, бактерицидні функції [37].

Хлорофіли є основними молекулами життя і, ймовірно, найважливішими з усіх природних пігментів. Хоча розщеплення хлорофілу неминуче пов'язані з втратою зеленого кольору під

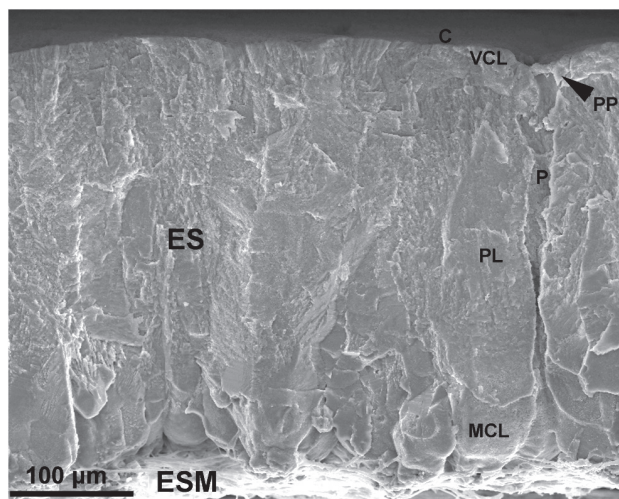


Рис. 1. Морфологія яєчної шкаралупи та мембран яєчної шкаралупи [34]

час дозрівання чи старіння, щоправда, що молекули хлорофілу постійно деградують унаслідок так званого обороту хлорофілу. Окрім своєї головної функції, хлорофіли потрібні, адже мають біологічно активні властивості. Останнім часом декілька похідних хлорофілу продемонстрували активність, що зміцнює здоров'я.

Хлорофіл є сенсibilізатором — легко збуджується при поглинанні світла та має здатність передавати енергію (є донором енергії) іншим молекулам (акцепторам енергії). Збуджена світлом молекула хлорофілу набуває здатності брати участь у окисно-відновних процесах, перетворює вуглекислий газ і воду в складні органічні речовини: крохмаль і цукор. У анаеробних умовах хлорофіл, розчинений у рідині, під дією світла відновлюється аскорбіною кислотою або іншими донорами електронів. Після вимкнення світла реакція йде у зворотному напрямку [38].

Ще одним із корисних представників стабілізаційної дії в разі вирощування мікрозелені є кальцій [39].

Кальцій необхідний рослинам, зокрема бобовим, адже при його нестачі проявляється небезпечна вершинна гнилизна. Розчином цього аптечного препарату добре обприскувати бобові чи навіть закопувати цілі таблетки на грядці — по 1 таблетці (дозування 500 мг) під корінь кожної рослини. Проте робити це потрібно на деякій відстані від стебла. Збалансоване живлення впродовж усього періоду розвитку кореневої системи, росту рослин на ранніх етапах, цвітіння та утворення зав'язі слугує основою для отримання високої врожайності бобових культур [40].

Відомо, що кальцій є важливим елементом для рослин, що види рослин різняться як за кількістю необхідного їм кальцію, так і за їхньою стійкістю до кальцію в ризосфері. Ці відмінності між видами рослин не лише впливають на природну флору вапняних ґрунтів, а й мають наслідки для селекції сільськогосподарських культур, щоб покращити доставку кальцію до раціону людини. Нещодавні дослідження в цій галузі були зосереджені на з'ясуванні фізіології та біохімії, що лежать в основі контрастуючих фізіотипів Са, а також на розробці філогенетичної основи для опису варіацій у пагонах Са всередині покритонасінних. Водопроникні та добре дренажовані ґрунти, де вола не є обмежувальним фактором, сприяють високій врожайності. З метою підвищення врожайності, кальцій необхідно використовувати під час вегетації [41].

Кальцій коагулює ґрунтові колоїди в частках глини, сприяє цементуванню, утворює дрібнокомкуватий ґрунт. На відміну від глини, вапно не змінює свого об'єму при зволоженні та ви-

сиханні. Завдяки вапну покращується аерація та водопроникність, виключається утворення кірки, ґрунт стає пухким, полегшується його обробіток. Вапно прискорює розкладання органічних речовин, пов'язує вільні кислоти ґрунту, зумовлює перетворення закисних сполук на окислювальні, підвищує поглинання амонію, калію, фосфорної та азотної кислот. У результаті активізується діяльність корисних мікроорганізмів, особливо азотофіксуючих і нітрифікуючих бактерій, що в результаті посилює азотне харчування рослин. Підвищення біологічної активності ґрунту за допомогою вапнування сприяє переведенню важкорозчинних ґрунтових сполук фосфору та калію в рухомі форми. Окрім перелічених вище основних властивостей, кальцій виконує ще низку функцій, які позитивно впливають на рослинний організм [42].

Так, кальцій відіграє важливу роль у транспорті вуглеводів, викликає та контролює фізико-хімічні властивості протоплазми, відповідає за нормальне проходження біохімічних процесів у рослині, активує використання запасних білків насіння під час їх проростання, впливає на процеси фотосинтезу покращує обмін речовин, виступає в ролі речовини-будівельника, яке здатне склеювати між собою стінки деяких клітин, забезпечує активність ферментів. Кальцій має дуже позитивний вплив на розвиток кореневої системи рослин. Без кальцію руйнуються клітини в зоні зростання коренів, оскільки пептиди і ліпоїди, які просочують клітинні стінки, з кальцієм утворюють малорозчинні сполуки. Особливо потрібен у фазах цвітіння та плодоношення, а також і у весь період росту. Використання глюконата (глюконової кислоти як мінерального добрива) для рослин в ролі додаткової імуннокоригувальної дії є перспективним, тобто виробляє стійкість до індукованого вторинного інфікування самої сировини під час вирощування, зберігання та використання [43].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі досліджень було отримано декілька зразків мікрогірні з бобів маша (**рис. 2**).

У процесі досліджень фіксували основні фізико-хімічні й органолептичні показники маша (**табл. 2, 3**) при його обробці різними видами інтенсифікаторів проростання.

Аналізуючи дані з **табл. 2**, бачимо, що перший за значенням зразок із хлорофіліптом концентрація 50 мг на 1 л води, демонструє найвищі показники 100 % енергії зростання і 100 % проростання.

Дані **табл. 3** свідчать про те, що найвищі смакові показники проявили паростки пророщені на яєчній шкаралупі, за рахунок збагачення

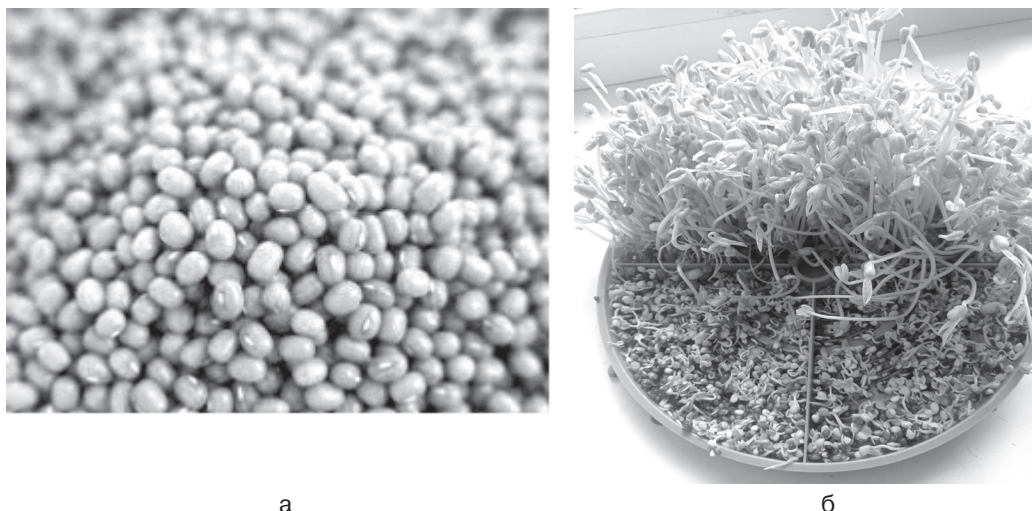


Рис. 2. Маш (боби мунг): а — насіння; б — мікрогрін.

ґрунтового складу мінеральними компонентами, стимуляції ґрунтових мікроорганізмів особливо азотофіксуючих і нітрифікуючих бактерій, що беруть участь у процесі насичення рослин азотом, коагулює ґрунтові колоїди в частках глини, сприяє цементуванню, утворює дрібнокомкуватий ґрунт, виключається утворення кірки, ґрунт стає пухким, прискорює розкладання органічних речовин, пов'язує вільні кислоти ґрунту, зумовлює перетворення закисних сполук на окислювальні, підвищує поглинання амонію, калію, фосфорної та азотної кислот. Кальцій відіграє важливу роль у транспорті вуглеводів, викликає та контролює фізико-хімічні властивості протоплазми, відповідає за нормальне проходження біохімічних процесів у рослині, активує використання запасних білків насіння під час їх проростання, впливає на процеси фотосинтезу покращує обмін

речовин, що добре корелюється з даними, наведеними в працях [41–43].

Для проведення дослідження з подвійною концентрацію хлорофіліпта і кальцію глюконату використовували насіння маша (100 шт.) та три види стимуляторів: 1) дистильована вода настояна на яєчній шкаралупі Eggshell (концентрація 100 г : 1 л води); 2) хлорофіліпт таблетований (Chlorophyllipt) (доз. 50 мг — 2 табл. : 1 л води); 3) кальцію глюконат (Calcium glukonate) таблетований (доз. 1000 мг — 2 табл. : 1 л води). Після цього можна дійти висновку про доцільність використання подвійної дози.

Аналізуючи дані **табл. 4**, можна відмітити, що найвищий ріст паростка і коріння показав зразок із кальцій глюконатом; другий за значенням зразок з яєчною шкаралупою — найміцніші, товщі паростки, з відмінними смаковими якостями;

Таблиця 2

Основні фізико-хімічні та органолептичні показники маша (бобів мунг)

Найменування показника	Контрольний зразок	Зразок з яєчною шкаралупою	Зразок з хлорофіліптом	Зразок з кальцієм глюконатом
Масова доля вологи, %	11,7	11,7	11,7	11,7
Об'ємна маса, г/л	1155	1155	1155	1155
Абсолютна маса, г (100 шт.)	7	7	7	7
Масова доля білка, %	23,6	23,7	23,5	23,6
Масова доля жиру, %	2,7	2,7	2,7	2,7
Масова доля крохмалю, %	23,6	23,5	23,6	23,6
Масова доля клітковини, %	8	8	8	8
Температура пророщення, °C	+15....+25			
Енергія проростання, %	92	98	100	99
Здатність до проростання, %	92	89	100	98

Таблиця 3

Вплив стимуляторів природного походження на пророщуваність і органолептичні показники насіння маша

Найменування показника	Зразок контрольний	Зразок з яєчною шкаралупою	Зразок з хлорофіліптом	Зразок з кальцієм глюконатом
Довжина коріння, мм	155	35	60	125
Довжина паростка, мм	310	125	330	195
Товщина паростка, мм	2	4	1,5	3
Колір паростка	світло-рожевий	білий	прозорий	рожевий
Органолептичні показники				
Смак паростка	несолодкий, водянистий, з горіховим присмаком	насичений, солодкий, з кукурудзяним присмаком	несолодкий, водянистий	гіркуватий, несолодкий, з вираженим горіховим присмаком
Зовнішній вигляд паростка	високі, довгі, тонкі, прозорі з рожевим відтінком, кволі	невисокі, міцні	високі, тонкі, кволі	міцні, сильні, середньої довжини
Зовнішній вигляд коріння	гіллясті, цупкі, жовтого кольору	гіллясті, короткі, цупкі, міцні, темного кольору	ниткоподібні, гіллясті, молочного кольору	міцні, прямі, білого кольору

Таблиця 4

Вплив підвищеної концентрації стимуляторів на органолептичні і фізичні властивості насіння маша (бобів мунг)

Найменування показника	Контрольний зразок	2 табл.·50 мг хлорофіліпту	2 табл.·25 мг кальцію глюконату
Температура пророщення, °C	+15...+25	+15...+25	+15...+25
Енергія проростання, %	92	92	95
Здатність до проростання, %	92	92	95
Довжина коріння, мм	155	170	210
Довжина паростка, мм	390	380	420
Товщина паростка, мм	2	2	1,5
Колір паростка,	світло-рожевий	молочний	рожевий
Смак паростка	несолодкий, водянистий, з горіховим присмаком	солодкий смачний, кукурудзяний	несолодкий, водянистий, гіркуватий
Зовнішній вигляд паростка	високі, довгі, прозорі, кволі	тонкі, ламкі, гниють на 5 добу	рожеві, міцні
Зовнішній вигляд коріння	гіллясте, цупке, жовтого кольору	цупке, гіллясте, довге	міцне, жовте, довге, пряме, не цупке, не гіллясте

третій за значенням зразок з хлорофіліптом показав, кволі на вигляд паростки, коріння тонке, не цупке, водянисте, на п'яту добу експерименту паростки мали ознаки гниття, також переламу,

затхлого неприємного запаху. Однак смак вражав насиченістю кукурудзяного смаку і солодкістю.

В основу технології покладено визначення того, який саме стимулятор є необхідним

для набуття необхідних технологічних показників і якостей рослин. Для досягнення бажаного технічного результату було виготовлено розчин дистильованої води з кальцій глюконатом у подвійній пропорції при температурі від +15 до +25 °С. Визначено його перспективність за рахунок використання як мінерального добрива для рослин та в ролі додаткової речовини імуннокоригувальної дії. Кальцій глюконат здатний виробляти стійкість до індукованого вторинного інфікування самої сировини при її вирощуванні, зберіганні і використанні; розвитку кореневої системи, росту рослин на ранніх етапах, цвітіння та утворення зав'язі, слугує основою для отримання високої врожайності бобових культур.

ВИСНОВКИ

Доведено доцільність використання концентрату яєчної шкаралупи (концентрація 50 г : 1 л води) і кальцій глюконату (500 мг — 1 табл. : 1 л води) для стимуляції росту рослини, покращення органолептичних технологічних якостей мікрозелені. Проаналізовано вплив концентрації розчину на зміну органолептичних показників паростків. Відмічено високі смакові якості дослідних зразків.

Визначено найбільш ефективний стимулятор активації для максимального росту, а саме — кальцію глюконат у концентрації 500 мг на 1 л води. У разі його використання спостерігався найкращий ефект пророщування вихідної сировини на мікрозелень за рахунок якісного формування паростків бобів мунг і проявлення додаткового ефекту імуннокоригувальної дії.

Кожен досліджений стимулятор чинить різний вплив на рослину: як позитивний, так і негативний. Застосування хлорофіліпту варто вважати технологічно недоцільними через наявність гниття та інших негативних біопоказників паростків насіння бобів мунг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mostenska T. L. Economic affordability of food as a component of the economic security of Ukraine / T. L. Mostenska, T. G. Mostenska, E. Yurii, Z. Lakner, L. Vasa. — 2022. — PLoS ONE 17(3): e0263358. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263358>.
2. Ковальова О. Використання проростків в оздоровчому харчуванні / О. Ковальова, Ю. Бут // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 86 Міжнар. наук. Конф. молодих учених, аспірантів і студентів (2–3 квіт. 2020 р.). — Київ : НУХТ, 2020. — Ч. 1. — С. 14.
3. Pratama F. Green Technology in Food Processing: Creating a Better Future for the Next Generation / F. Pratama // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2022. — Vol. 995.012014. — P. 1–14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012014>.
4. Zhang Ya. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture / Ya. Zhang, Z. Xiao, E. Ager, L. Kong, L. Tan // Journal of Future Foods. — 2021. — Vol. 1. — Issue 1. — P. 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.
5. Renna M. Ongoing Research on Microgreens: Nutritional Properties, Shelf-Life, Sustainable Production / M. Renna, V. M. Paradiso // Innovative Growing and Processing Approaches. Foods. — 2020. — No. 9(6). — 826. <https://doi.org/10.3390/foods9060826>.
6. Weber C. F. Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems Front / C. F. Weber // Nutr. — 2017. — 23 March. — Sec. Plant Nutrition. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00007>.
7. Kyriacou M. C. Microgreens as a Component of Space Life Support Systems: A Cornucopia of Functional Food / M. C. Kyriacou, S. De Pascale, A. Kyrtatzis, Y. Roupheal // Front Plant Sci. — 2017, Sep 12. — 8:1587. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01587>.
8. Turner E. R. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review / Ellen R. Turner, Y. Luo, R. L. Buchanan // Journal of Food Science. — 2020. — Vol. 85. — Issue 4. — P. 870–882. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>.
9. Tuan P. A. Molecular mechanisms of seed germination, Sprouted Grains / P. A. Tuan, M. Sun, T.-N. Nguyen, S. Park, B. T. Ayele // AACR International Press. — 2019. — P. 1–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00001-4>.
10. Han C. Studies on the molecular mechanisms of seed germination / C. Han, P. Yang // Proteomics. — 2015. — No. 15(10). — P. 1671–1679. <https://doi.org/10.1002/pmic.201400375>.
11. Aloo S. O. Edible Plant Sprouts: Health Benefits, Trends, and Opportunities for Novel Exploration / S. O. Aloo, F. K. Ofosu, S. M. Kilonzi, U. Shabbir, D. H. Oh // Nutrients. — 2021, Aug 21. — No. 13(8). — 2882. <https://doi.org/10.3390/nu13082882>.
12. Zhang, Q. Thermal-Induced Autolysis Enzymes Inactivation, Protein Degradation and Physical Properties of Sea Cucumber, Cucumaria frondosa / Q. Zhang, R. Liu, M. Geirsdóttir, S. Li, T. Tomasson, S. Xiong, X. Li, M. Gudjónsdóttir // Processes. — 2022. — No. 10. — P. 847. <https://doi.org/10.3390/pr10050847>.
13. Zhang Ya. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture / Ya. Zhang, Z. Xiao, E. Ager, L. Kong, L. Tan // Journal of Future Foods. — 2021. — Vol. 1. — Issue 1. — P. 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.
14. Renna M. Ongoing Research on Microgreens: Nutritional Properties, Shelf-Life, Sustainable Production, Innovative Growing and Processing Approaches. / M. Renna, V. M. Paradiso // Foods. — 2020, Jun 24. — No. 9(6). — P. 826. <https://doi.org/10.3390/foods9060826>.
15. Володін С. Методичні засади фастплант-технологій швидкого виробництва нішевих культур [Електронний ресурс] / С. Володін // Agricultural and Resource Economics. — 2017. — Т. — № 4. — С. 43–56. — Режим доступу: <http://are-journal.com/are/article/view/134>.
16. Удова Л. Нішеві культури — нові перспективи для малих суб'єктів господарювання в аграрному ринку / Л. Удова, К. Прокопенко // Економіка сільського господарства. — 2018. — № 3. — С. 102–117. <https://doi.org/10.15407/eip2018.03.102>.

17. *Sehrawat N.* Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) as Functional Food, Agronomic Importance and Breeding Approach for Development of Climate Resilience: Current Status and Future Perspectives. / N. Sehrawat, M. Yadav, A. K. Sharma, S. Kumar et al. // *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. — 2021. — Vol. 10. — Issue 1. — P. 87–92. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2021.10.14>.
18. *Hou D.* Mung Bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive Polyphenols, Polysaccharides, Peptides, and Health Benefits / D. Hou, L. Yousaf, Y. Xue, J. Hu, et al. // *Nutrients*. — 2019. — No. 11. — P. 1238. <https://doi.org/10.3390/nu11061238>.
19. *Pookpakdi A.* Growth stage identification in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) / A. Pookpakdi, V. Promkham, C. Chuangpetchinda, S. Pongkao et al. // *Agriculture and Natural Resources*. — 1992. — № 26 (1). — P. 75–80.
20. *Batzer J. C.* Mungbean: A Preview of Disease Management Challenges for an Alternative U.S. Cash Crop / J. C. Batzer, A. Singh, A. Rairdin, K. Chiteri, D. S. Mueller // *Journal of Integrated Pest Management*. — 2022. — Vol. 13. — Issue 1. — P. 4. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab044>.
21. *Bangar P.* Morphophysiological and biochemical response of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] varieties at different developmental stages under drought stress / P. Bangar, A. Chaudhury, B. Tiwari, S. Kumar et al. // *Turk J Biol*. — 2019. — No. 43(1). — P. 58–69. <https://doi.org/10.3906/biy-1801-64>.
22. *Yi-Shen Z.* Mung bean proteins and peptides: nutritional, functional and bioactive properties / Z. Yi-Shen, S. Shuai, R. FitzGerald // *Food Nutr Res*. — 2018. — Feb 15. — P. 62. <https://doi.org/10.29219/fnr.v6i2.1290>.
23. *Lopes L. A. R.* Cholesterol-Lowering and Liver-Protective Effects of Cooked and Germinated Mung Beans (*Vigna radiata* L.) / L. A. R. Lopes, M. D. C. C. E. Martins, L. M. Farias, A. K. D. S. Brito et al. // *Nutrients*. — 2018. — No. 10 (7). — P. 821. <https://doi.org/10.3390/nu10070821>.
24. *Liu D.* Protective effects of mung bean (*Vigna radiata* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) against high-fat-induced oxidative stress / D. Liu, X. Guan, K. Huang, S. Li et al. // *Food Sci Nutr*. — 2019. — No. 21; 7 (12). — P. 4063–4075. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1271>.
25. *Ali N. M.* Anti-inflammatory and antinociceptive activities of untreated, germinated, and fermented mung bean aqueous extract / Ali N.M., Mohd Yusof H., Yeap S.K., Ho W.Y. et al. // *Evid Based Complement Alternat Med*. — 2014. — 350507. <https://doi.org/10.1155/2014/350507>.
26. *El-Adawy T.* Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean, pea and lentil seeds / T. El-Adawy, E. Rahma, A. El-Bedawey et al. // *Plant Foods Hum Nutr*. 2003. — No. 58. — P. 1–13. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000040339.48521.75>.
27. *Ganesan K.* A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*) / Kumar Ganesan, Baojun Xu // *Food Science and Human Wellness*. — 2018. — Vol. 7. — Issue 1. — P. 11–33. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.11.002>.
28. *Guo X.* Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*) / X. Guo, T. Li, K. Tang, R.H. Liu // *J Agric Food Chem*. — 2012. — No. 7; 60(44). — 11050–5. <https://doi.org/10.1021/jf304443u>.
29. *Jinapang P.* Growth characteristics of mung beans and water convolvuluses exposed to 425-MHz electromagnetic fields / Peeraya Jinapang, Panida Prakob, Pongtorn Wongwattananard, Naz E. Islam, Phumin Kirawanich // *Bioelectromagnetics*. — 2010. — No. 31. — P. 519–527. <https://doi.org/10.1002/bem.20584>.
30. *Fan L.* Effects of plasma-activated water treatment on seed germination and growth of mung bean sprouts / L. Fan, X. Liu, Y. Ma & Q. Xiang // *Journal of Taibah University for Science*. — 2020. — No. 14:1. — P. 823–830.
31. *Liu B.* Investigation of key plasma species on germination boosting of Mung bean / B. Liu, H. Yang, B. Honnorat, A. Rousseau / 22nd International Conference on Gas Discharges and Their Application. — Novi Sad, Serbia. — 2018, Sep.
32. *Wei Y.* Sucrose treatment of mung bean seeds results in increased vitamin C, total phenolics, and antioxidant activity in mung bean sprouts / Y. Wei, X. Wang, X. Shao, F. Xu, H. Wang // *Food Sci Nutr*. — 2019. — Nov. 14; 7 (12). — P. 4037–4044. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1269>.
33. *Cao J.* Effects of Typical Antimicrobials on Growth Performance, Morphology and Antimicrobial Residues of Mung Bean Sprouts. / Cao J., Wang Y., Wang G., Ren P., Wu Y., He Q. // *Antibiotics*. — 2022. — No. 11. — P. 807. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060807>.
34. *Ahmed T. A. E.* Biotec2021/ — hnological Applications of Eggshell: Recent Advances / T. A. E. Ahmed, L. Wu, M. Younes and M. Hincke // *Front. Bioeng. Biotechnol*. — 2021. — № 9:675364. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.675364>.
35. *King'ori A.* A Review of the uses of poultry eggshells and shell membranes / Anthony King'ori // *International Journal of Poultry Science*. — 2021. — № 10 (11): 908–912. <https://doi.org/10.908-912>.
36. *Sachuk R. M.* Selection of the optimal composition of vegetable oil and chlorophyllip oil components [Electronic resource] / R. M. Sachuk, Ya. S. Stravsky, Yu. V. Horyuk, O. A. Katsaraba, S. V. Zhyhalyuk // *Ukrainian journal of veterinary and agricultural sciences*. — 2019. — No. 3. — Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/selection-of-the-optimal-composition-of-vegetable-oil-and-chlorophyllip-oil-components>
37. *Zepka L. Q.* Eduardo Jacob-Lopes, María Roca, Catabolism and bioactive properties of chlorophylls / Leila Queiroz Zepka, Eduardo Jacob-Lopes, María Roca // *Current Opinion in Food Science*. — 2019. — Vol. 26. — P. 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.04.004>.
38. *Seely G. R.* Photosensitization reactions of chlorophyll, *Methods in Enzymology* / G. R. Seely // Academic Press. — 1972. — Vol. 24. — P. 238–246. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(72\)24071-X](https://doi.org/10.1016/0076-6879(72)24071-X).
39. *Robinson C.* Calcium nutrition and sodium absorption in mung bean sprouts / Curtis Robinson, Neal M. Barnett & H. G. Gauch // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. — 1975. — No. 6:5. — P. 535–543. <https://doi.org/10.1080/00103627509366590>.
40. *Liptay A.* Calcium retards physiological collapse and subsequent microbial degradation of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) sprouts / A. Liptay, P. Vandierendonck // *Can. J. Plant Sci*, 1987. — P. 537–548.
41. *White Ph. J.* Calcium in Plants / Philip J. White, Martin R. Broadley // *Annals of Botany*. — 2003. — Vol. 92. — Issue 4. — P. 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>.

42. Akhtar N. The Impact of Calcium, Potassium, and Boron Application on the Growth and Yield Characteristics of Durum Wheat under Drought Conditions / N. Akhtar, N. Ilyas, M. Arshad, T. A. Meraj et al. // *Agronomy*. — 2022. — No. 12. — P. 1917. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081917>.
43. Hepler P. K. Calcium: a central regulator of plant growth and development. *Plant Cell*. — 2005, Aug. — No. 17(8). — P. 2142–55. <https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508>.

REFERENCES

1. Mostenska, T. L., Mostenska, T. G., Yurii, E., Lakner, Z., & Vasa, L. (2022). Economic affordability of food as a component of the economic security of Ukraine. *PLoS ONE*, 17(3), e0263358. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263358>.
2. Kovalova, O., & But, Yu. (2020). Vykorystannia prorostkiv v ozdorovchomu kharchuvanni [The use of sprouts in health food]. *Naukovi zdobutky molodi — vyrisnenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti (2–3 kvitnia 2020 r.)*. — *Scientific achievements of youth — solving the problems of human nutrition in the XXI century (April 2–3, 2020)*. Kyiv. Ch. 1. P. 14. [in Ukr.].
3. Pratama, F. (2022). Green Technology in Food Processing: Creating a Better Future for the Next Generation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 995 012014. P. 1–14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012014>.
4. Zhang, Ya., Xiao, Zh., Ager, E., Kong, L., & Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, 1 (1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.
5. Renna, M., & Paradiso, V. M. (2020). Ongoing Research on Microgreens: Nutritional Properties, Shelf-Life, Sustainable Production, Innovative Growing and Processing Approaches. *Foods*, 9 (6), 826. <https://doi.org/10.3390/foods9060826>.
6. Weber, C. F. (2017). Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems *Front. Nutr.*, 23 March. Sec. Plant Nutrition. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00007>.
7. Kyriacou, M. C., De Pascale, S., Kyratzis, A., & Roupheal, Y. (2017). Microgreens as a Component of Space Life Support Systems: A Cornucopia of Functional Food. *Front Plant Sci*, Sep. 12, 8:1587. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01587>.
8. Ellen, R., Turner, Ya., Luo, R., & Buchanan, L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of Food Science*, 85 (4), 870–882. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049>.
9. Tuan, Ph. A., Sun, M., Nguyen, T.-N., Park, S., & Ayele, B. T. (2019). Molecular mechanisms of seed germination, Sprouted Grains, *AACC International Press*, P. 1–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00001-4>.
10. Han, C., & Yang, P. (2015). Studies on the molecular mechanisms of seed germination. *Proteomics*, 15 (10), 1671–1679. <https://doi.org/10.1002/pmic.201400375>.
11. Aloo, S. O., Ofosu, F. K., Kilonzi, S. M., Shabbir, U., & Oh, D. H. (2021). Edible Plant Sprouts: Health Benefits, Trends, and Opportunities for Novel Exploration. *Nutrients*, 21, 13(8), 2882. <https://doi.org/10.3390/nu13082882>.
12. Zhang, Q., Liu, R., Geirsdóttir, M., Li, S., Tomasson, T., Xiong, S., Li, X., & Gudjónsdóttir, M. (2022). Thermal-Induced Autolysis Enzymes Inactivation, Protein Degradation and Physical Properties of Sea Cucumber, *Cucumaria frondosa*. *Processes*, 10, 847. <https://doi.org/10.3390/pr10050847>.
13. Zhang, Ya., Xiao, Zh., Ager, E., Kong, Lingyan., Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture, *Journal of Future Foods*, 1 (1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.
14. Renna, M., & Paradiso, V. M. (2020). Ongoing Research on Microgreens: Nutritional Properties, Shelf-Life, Sustainable Production, Innovative Growing and Processing Approaches. *Foods*, 9 (6), 826. <https://doi.org/10.3390/foods9060826>.
15. Volodin, S. (2017). Metodychni zasady fastplant-tekhnohii shvydkoho vyrobnytstva nishevykh kultur [Methodological principles of fastplant technologies for rapid production of niche crops]. *Agricultural and Resource Economics*, 3 (4), 43–56. Retrieved from: <http://are-journal.com/are/article/view/134> [in Ukr.].
16. Udova, L., & Prokopenko, K. (2018). Nishevi kultury — novi perspektyvy dlia malykh subiektiv hospodariuvannia v ahrarnomu rynku [Niche crops are new prospects for small businesses in the agricultural market]. *Ekonomika silskoho hospodarstva — Economics of agriculture*, 3, 102–117. <https://doi.org/10.15407/eip2018.03.102> [in Ukr.].
17. Sehrawat, N., Yadav, M., Sharma, A. K., Kumar, S., Singh, M., & Kumar, V., et al. (2021). Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) as Functional Food, Agronomic Importance and Breeding Approach for Development of Climate Resilience: Current Status and Future Perspectives. *Asian Journal of Biological and Life Sciences, Jan-Apr*, 10 (1), 87–92. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2021.10.14>.
18. Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., Feng, N., & Shen, Q. (2019). Mung Bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive Polyphenols, Polysaccharides, Peptides, and Health Benefits. *Nutrients*, 11, 1238. <https://doi.org/10.3390/nu11061238>.
19. Pookpakdi, A., Promkham, V., Chuangpetchinda, C., Pongkao, S., Lairungrueng, C., & Tawornsuk, C. (1992). Growth stage identification in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Agriculture and Natural Resources*, 26 (1), 75–80.
20. Batzer, J. C., Singh, A., Rairdin, A., Chiteri, K., & Mueller, D. S. (2022). Mungbean: A Preview of Disease Management Challenges for an Alternative U.S. Cash Crop. *Journal of Integrated Pest Management*, 13 (1), 4, <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab044>.
21. Bangar, P., Chaudhury, A., Tiwari, B., Kumar, S., Kumari, R., & Bhat, K. V. (2019). Morphophysiological and biochemical response of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] varieties at different developmental stages under drought stress. *Turk J Biol.*, 43(1), 58–69. <https://doi.org/10.3906/biy-1801-64>.
22. Yi-Shen, Z., Shuai, S., & FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: nutritional, functional and bioactive properties. *Food Nutr Res*, 62. <https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1290>.
23. Lopes, L. A. R., Martins, M. D. C. E., Farias, L. M., Brito, A. K. D. S., Lima, G. M., & Carvalho, V. B. L. et al. (2018). Arêas JAG, Silva KJDE, Frota KMG. Cholesterol-Lowering and Liver-Protective Effects of Cooked and Germinated Mung Beans (*Vigna radiata* L.). *Nutrients*, 10 (7), 821. <https://doi.org/10.3390/nu10070821>.
24. Liu, D., Guan, X., Huang K, Li, S., Liu, J., Yu, W., & Duan, R. (2019). Protective effects of mung bean (*Vigna radiata* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) against high-fat-induced oxidative stress. *Food Sci*

- Nutr*, 7 (12), 4063–4075. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1271>.
25. Ali, N. M., Mohd Yusof, H., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., & Long, K., et al. (2014). Anti-inflammatory and antinociceptive activities of untreated, germinated, and fermented mung bean aqueous extract. *Evid Based Complement Alternat Med.*, 2014, 350507. <https://doi.org/10.1155/2014/350507>.
 26. El-Adawy, T., Rahma, E., & El-Bedawey, A. et al. (2003). Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean, pea and lentil seeds. *Plant Foods Hum Nutr*, 58, 1–13. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000040339.48521.75>.
 27. Kumar, Ganesan, & Baojun, Xu. (2018). A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). *Food Science and Human Wellness*, 7 (1), 11–33. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.11.002>.
 28. Guo, X., Li, T., Tang, K., & Liu, R. H. (2012). Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *J Agric Food Chem*, 60 (44), 11050–5. <https://doi.org/10.1021/jf304443u>.
 29. Jinapang, P., Prakob, P., Wongwattananard, P. Islam, Naz E., & Kirawanich, Ph. (2010). Growth characteristics of mung beans and water convolvulus exposed to 425-MHz electromagnetic fields *Bioelectromagnetics*, 31, 519–527. <https://doi.org/10.1002/bem.20584>.
 30. Fan, L., Liu, X., Ma, Yu., & Xiang, Q. (2020). Effects of plasma-activated water treatment on seed germination and growth of mung bean sprouts, *Journal of Taibah University for Science*, 14 (1), 823–830. <https://doi.org/10.1080/16583655.2020.1778326>.
 31. Liu, B., Yang, H., Honnorat, B., & Rousseau, A. (2018). Investigation of key plasma species on germination boosting of Mung bean. 22nd international conference on gas discharges and their application, Sep 2018, Novi Sad, Serbia.
 32. Wei, Y., Wang, X., Shao, X., Xu, F., & Wang, H. (2019). Sucrose treatment of mung bean seeds results in increased vitamin C, total phenolics, and antioxidant activity in mung bean sprouts. *Food Sci Nutr*, 7 (12), 4037–4044. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1269>.
 33. Cao, J., Wang, Y., Wang, G., Ren, P., Wu, Y., & He, Q. (2022). Effects of Typical Antimicrobials on Growth Performance, Morphology and Antimicrobial Residues of Mung Bean Sprouts. *Antibiotics*, 11, 807. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060807>.
 34. Ahmed, T. A. E., Wu, L., Younes, M. & Hincke, M. (2021). Biotechnological Applications of Eggshell: Recent Advances. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9, 675364. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.675364>.
 35. King'ori, A. (2011). A Review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. *International Journal of Poultry Science*. 10 (11), 908–912. <https://doi.org/10.908-912>
 36. Sachuk, R. M., Stravsky, Ya. S., Horyuk, Yu. V., Katsaraba, O. A., & Zhyhalyuk, S. V. (2019). Selection of the optimal composition of vegetable oil and chlorophyll oil components. *Ukrainian journal of veterinary and agricultural sciences*, 3. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/selection-of-the-optimal-composition-of-vegetable-oil-and-chlorophyll-oil-components>.
 37. Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., & Roca, M. (2019). Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. *Current Opinion in Food Science*. 26, 94–100, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.04.004>.
 38. Seely, G. R. (1972). Photosensitization reactions of chlorophyll, Methods in Enzymology, *Academic Press*. 24, 238–246. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(72\)24071-X](https://doi.org/10.1016/0076-6879(72)24071-X).
 39. Robinson, C., Barnett, N. M., & Gauch, H. G. (1975). Calcium nutrition and sodium absorption in mung bean sprouts, Communications in Soil Science and Plant Analysis. 6 (5), 535–543. <https://doi.org/10.1080/00103627509366590>.
 40. Liptay, A., & Vandierendonck, P. (1987). Calcium retards physiological collapse and subsequent microbial degradation of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) sprouts. *Can. J. Plant Sci.* 672, 537–548.
 41. White, Ph. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in Plants. *Annals of Botany*. 92 (4), 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>.
 42. Akhtar, N., Ilyas, N., Arshad, M., Meraj, T. A., Hefft, D. I., & Jan, B. L. et. al. (2022). The Impact of Calcium, Potassium, and Boron Application on the Growth and Yield Characteristics of Durum Wheat under Drought Conditions. *Agronomy*. 12, 1917. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081917>.
 43. Hepler, P. K. (2005). Calcium: a central regulator of plant growth and development. *Plant Cell*, 17 (8), 2142–2155. <https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508>.

O. A. PIVOVAROV, D. Sc. of Engineering, Professor
 O. S. KOVALOVA, PhD in Engineering, Associate Professor
 Ch. V. MATSYUK, Master Student

INNOVATIVE GRAIN GERMINATION STIMULATORS OF NATURAL ORIGIN

Abstract. An important issue of the agro-technological sector of Ukraine is to find optimal conditions and resources for the germination of grains of various crops. Innovative technological factors are necessary for their rapid growth, stable transfer of changes in conditions, production of high-quality products for long-term storage. So, in order to obtain the necessary technological properties of germinated grain, it was researched and determined which natural germination stimulator best meets today's requirements. Mung bean seeds were selected for germination; crushed eggshell, chlorophyll, calcium gluconate were used as a germination stimulator. An improvement in the taste qualities of sprouted grain and an increase in germination rates were noted.

Keywords: microgreens, healthy food, vitamins, mung bean crop, soil, growth stimulants of natural origin.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Піваров Олександр Андрійович — д-р техн. наук, проф., професор кафедри технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Дніпропетровська обл., 49000; +38 (097) 342-46-60; apivo@ua.fm; ORCID: 0000-0003-0520-171X

Ковальова Олена Сергіївна — канд. техн. наук, доцент кафедри технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Дніпропетровська обл., 49000; +38 (096) 781-29-64; livre@i.ua; ORCID: 0000-0002-9508-2701

Мацюк Христина Василівна — магістр кафедри технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Дніпропетровська обл., 49000; +38 (067) 142-13-57; kristinamacuk85@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9138-4537

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pivovarov O. A. — D. Sc. of Engineering, Professor of the Department of Agricultural Products Processing and Storage Technologies, Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhiy Yefremov Str., 25, Dnipro, 49000; +38 (097) 342-46-60; apivo@ua.fm; ORCID: 0000-0003-0520-171X

Kovalova O. S. — PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Agricultural Products Processing and Storage Technologies, Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhiy Yefremov Str., 25, Dnipro, 49000; +38(096) 781-29-64; livre@i.ua; ORCID: 0000-0002-9508-2701

Matsyuk Ch. V. — Master Student of the Department of Agricultural Products Processing and Storage Technologies, Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhiy Yefremov Str., 25, Dnipro, 49000; +38 (067) 142-13-57; kristinamacuk85@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9138-4537



ШАНОВНІ ПРЕДСТАВНИКИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА НАУКОВИХ УСТАНОВ, НАУКОВЦІ, ВІНАХІДНИКИ!

В УкрІНТЕІ впроваджено послугу **“Комплексне інформаційне обслуговування”**. Це актуальна і систематизована інформація з питань трансферу технологій, науково-технічного та інноваційного розвитку, що надсилається в онлайн-режимі і призначена для здійснення наукової та інноваційної діяльності. Видання надсилаються протягом року згідно з вказаною на сайті Інституту періодичністю. До вашої уваги інформаційний пакет **“Комплексний”** (8 видань):

- фаховий журнал “Наука, технології, інновації”;
- інформаційний бюлетень “Дослідження, технології та інновації у Європейському Союзі”;
- дайджест новин “Наука, технології, інновації”;
- дайджест трансферу технологій;
- “Збірник рефератів дисертацій, НДР та ДКР”;
- “Бюлетень реєстрації НДР та ДКР”;
- бюлетень “План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні”;
- “Закони та підзаконні акти, директивні документи у сфері вищої освіти, науки, науково-технічної інформації, науково-технологічного та інноваційного розвитку України”.

КОНТАКТИ:

телефон (044) 521-00-39,

e-mail: uintei.ua@gmail.com, uintei.info@gmail.com

Детальніше на сайті УкрІНТЕІ: www.uintei.kiev.ua