

Уманський національний університет садівництва

ВІСНИК

Уманського національного університету садівництва

Випуск 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор – Карпенко Віктор Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової та інноваційної діяльності Уманського національного університету садівництва, Україна

Члени редколегії:

Бальбіж Агнешка – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Василишина Олена Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки плодів та овочів Уманського національного університету садівництва, Україна

Васильєва Валентина – доктор наук, професор, завідувач лабораторії «Регулювання вираження гену» Інституту фізіології рослин та генетики Болгарської академії наук, м. Софія, Болгарія

Господаренко Григорій Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, Україна

Калініченко Антоніна Володимирівна – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри інженерії процесів Опольського університету, м. Ополе, Польща

Канлаянарат Сірічай – доктор наук, професор кафедри післязбиральної переробки сільськогосподарської продукції Технологічного університету Короля Монгкут у районі Тхонбурі, м. Бангкок, Таїланд

Костецька Катерина Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва, Україна

Любич Віталій Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва, Україна

Мостов'як Іван Іванович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету садівництва, Україна

Пасічник Лідія Анатоліївна – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Патика Володимир Пилипович – доктор біологічних наук, професор, академік НААНУ, завідувач відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Поліщук Валентин Васильович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва, Україна

Полторецький Сергій Петрович – доктор сільськогосподарських наук, декан факультету агрономії, професор кафедри рослинництва Уманського національного університету садівництва, Україна

Пьотр Хохура – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва, Україна

Сосна Іренеуш – доктор наук, професор кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Уманського національного університету садівництва
25.10.2024, протокол № 2

Науковий журнал «Вісник Уманського національного університету садівництва»
zareestrovano Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія KB № 17575-6425 PR 04.03.2011 року)

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019 р. (додаток 7) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі Природничі науки (101 – Екологія), Виробництво та технології (181 – Харчові технології), Аграрні науки та продовольство (201 – Агрономія, 202 – Захист і карантин рослин, 203 – Садівництво та виноградарство, 206 – Садово-паркове господарство).

Офіційний сайт видання: www.visnyk-unaus.udau.edu.ua

Мови видання: українська, англійська

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

О. В. Тодосійчук

ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ Й ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЧИНИ ПОСІВНОЇ
ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ.....7

О. І. Улянич, Н. В. Яценко, К. Ф. Улянич

ЕФЕКТИВНІСТЬ СОРТІВ ІНДАУ ПОСІВНОГО У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ...13

В. В. Яценко

МОДЕЛЬ СОРТУ ЧАСНИКУ, РОЗРОБЛЕНА НА ОСНОВІ КОЛЕКЦІЇ ГЕНОТИПІВ
УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА.....18

Н. В. Яценко, В. В. Яценко, В. В. Фещенко, О. П. Чубко, В. І. Невлад, В. В. Остапчук

АДАПТИВНА МІНЛИВІСТЬ ГІБРИДІВ ПОМІДОРА
У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....26

ЗАХИСТ І КАРАНТИН РОСЛИН

Н. В. Грицюк, Л. Л. Довбиш, А. В. Бакалова, І. В. Іващенко, Н. М. Плотницька

ВПЛИВ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ
ПШЕНИЦІ ЯРОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ.....34

О. М. Ляховський, І. В. Крикунов

ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КАЛІФОРНІЙСЬКОЇ ЩИТІВКИ
(*QUADRASPIDIOTUS PERNICIOSUS* COMST.) В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....40

С. Г. Хаблак, В. М. Спичак

ЗАРАЖЕННЯ ВОВЧКОМ (*OROVANCHE CUMANA* WALLR.) РІЗНИХ ГІБРИДІВ
СОНЯШНИКУ З НЕОДНАКОВОЮ СТІЙКІСТЮ ДО ПАРАЗИТУ44

САДІВНИЦТВО ТА ВИНОГРАДАРСТВО

І. М. Бобось, О. О. Комар

ФЕНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ТЕТРАГОНОЛОБУСА ПУРПУРОВОГО
(*TETRAGONOLOBUS PURPUREUS* MOENCH.) ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНІВ СІВБИ.....50

Н. М. Зеленянська, М. І. Рябий

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АПІКАЛЬНИХ МЕРИСТЕМ
ДЛЯ РОЗМНОЖЕННЯ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*.....55

О. В. Мельник, О. О. Дрозд, Л. М. Ременюк

ПЕРЕДЗБИРАЛЬНЕ ДОСТИГАННЯ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА
ЗА ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ.....62

І. М. Трушев

ҐРУНТОВІ УМОВИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ СОРТУ ЧЕМПІОН АРНО
ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО УДОБРЕННЯ.....67

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Т. В. Мамчур, В. П. Карпенко, С. А. Оратівська

ГЕРБАРІЙ УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА (УМ):
ІСТОРІЯ, СЬОГОДЕННЯ (ДО 180 РІЧЧЯ ЗАПОЧАТКУВАННЯ ГЕРБАРІЮ).....72

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

О. П. Герасимчук, К. В. Костецька ЯКІСТЬ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ БОРОШНА ПОЛБИ.....	80
І. Є. Іванова, М. Є. Сердюк, Т. М. Тимощук, І. А. Кривонос, Я. І. Пендрак ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У ПЛОДАХ ВИШНІ У БЕЗВІДХОДНОМУ ЛАНЦЮЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ.....	89
В. В. Любич ЗАСТОСУВАННЯ ПЮРЕ ГАРБУЗОВОГО В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТА.....	96
В. А. Піддубний, Н. М. Осокіна, Г. В. Ткаченко ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПРОДУКТІВ ДРОБЛЕННЯ НАСІННЯ СОЇ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	102
Д. Б. Рахметов, К. В. Костецька, С. М. Ковтун-Водяницька, С. О. Рахметова, О. В. Коломієць ВИКОРИСТАННЯ МАКУХИ ГІРЧИЧНОЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА.....	108

CONTENTS

AGRONOMY

O. V. Todosiichuk

CHLOROPHYLL CONTENT AND NET PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SOWING GRASSPEA UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS.....7

O. I. Ulianych, N. V. Yatsenko, K. F. Ulianych

EFFECTIVENESS OF INDAU CULTIVARS IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE...13

V. V. Yatsenko

GARLIC VARIETY MODEL DEVELOPED ON THE BASIS GENOTYPE COLLECTION OF THE UMAN NATIONAL UNIVERSITY OF HORTICULTURE.....18

N. V. Yatsenko, V. V. Yatsenko, V. V. Feshchenko, O. P. Chubko, V. I. Nevlad, V. V. Ostapchuk

ADAPTIVE VARIABILITY OF TOMATO HYBRIDS IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE.....26

PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS

N. V. Hrytsiuk, L. L. Dovbysh, A. V. Bakalova, I. V. Ivaschenko, N. M. Plotnytska

THE INFLUENCE OF THE SYSTEM OF TILLAGE AND FERTILIZER ON THE POLLUTION OF SPRING WHEAT CROPS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE.....34

O. M. Lyakhovskiy, I. V. Krykunov

STUDY OF BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SAN JOSE SCALE (*QUADRASPIDIOTUS PERNICIOSUS* COMST.) UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE..... 40

S. H. Khablak, V. M. Sychak

INFECTION OF DIFFERENT SUNFLOWER HYBRIDS WITH DIFFERENT RESISTANCE TO THE PARASITE BY BROOMRAPE (*OROBANCHE CUMANA* WALLR.).....44

HORTICULTURE AND VITICULTURE

I. M. Bobos, O. O. Komar

PHENOLOGICAL ASPECTS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF TETRAGONOLOBUS PURPUREUS (*TETRAGONOLOBUS PURPUREUS* MOENCH.) DEPENDING ON THE SOWING TIME.....50

N. M. Zelenianska, M. I. Riabyi

APPLICATION OF THE METHOD OF APICAL MERISTEMS FOR GRAPE PROPAGATION IN VITRO.....55

A. V. Melnyk, O. O. Drozd, L. M. Remeniuk

PRE-HARVEST DEVELOPMENT OF APPLES CV. REINETTE SYMYRENKO ON TREES SPRAYED WITH ETHYLENE-PRODUCER.....62

I. M. Trushev

SOIL CONDITIONS AND YIELD CAPACITY OF APPLE TREE ORCHARDS, CULTIVAR CHAMPION ARNO, DEPENDING ON OPTIMISED FERTILIZATION.....67

LANDSCAPE GARDENING

T. V. Mamchur, V. P. Karpenko, C. A. Orativska

HERBARIUM OF UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY OF HORTICULTURE (UM): HISTORY, PRESENT (TO THE 180TH ANNIVERSARY OF THE HERBARIUM).....72

LANDSCAPE GARDENING

O. P. Herasymchuk, K. V. Kostetska QUALITY OF FLOUR PRODUCTS BASED ON SPELL FLOUR.....	80
I. Ye. Ivanova, M. Ye. Serdyuk, T. M. Tymoshchuk, I. A. Kryvonos Ya. I. Pendrak PREDICTING THE VITAMIN C CONTENT IN SOUR CHERRY FRUITS IN THE WASTE-FREE CHAIN OF FOOD RAW MATERIALS.....	89
V. V. Liubych APPLICATION OF PUMPKIN SAUCE IN CUPCAKE TECHNOLOGY.....	96
V. A. Piddubny, N. M. Osokina, H. V. Tkachenko OPTIMIZATION DRYING PROCESS OF CRUSHED SOYBEAN FOR OIL PRODUCTION.....	102
D. B. Rakhmetov, K. V. Kostetska, S. M. Kovtun-Vodyanytska, S. O. Rakhmetova, O. V. Kolomiets USE OF MUSTARD OIL CAKE IN BREAD TECHNOLOGY.....	108



О. В. Тодосійчук
аспірант кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net

ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ Й ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

У статті наведено результати досліджень з вивчення дії біологічних препаратів Біонеостим (обробка насіння перед сівбою – 1,0 л/т) і Вермистим Д (– 7,0 л/т, обприскування посівів – 8,0 л/га) на вміст суми хлорофілів а і б й чисту продуктивність фотосинтезу чини посівної.

Нині проблему підвищення урожайності і якості зерна бобових культур та збільшення надходження рослинного білка в харчуванні людей неможливо вирішити без нових зернобобових культур, серед яких високу зацікавленість виявляє чина посівна, на даний час її відносять до нетрадиційних культур, недооцінюючи її біологічний та енергетичний потенціал, що пов'язано з недостатнім вивченням біологічних особливостей культури та технологій її вирощування.

Дослідження виконували в польових умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва впродовж 2022–2024 років. Дію біопрепарату Біонеостим і регулятора росту рослин Вермистим Д вивчали в посівах чини посівної сорту Іволга.

Польові досліди закладали систематичним методом. Повторність досліду – триразова. Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою Біонеостимом у нормі 1,0 л/т окремо й сумісно з Вермистимом Д (7,0 л/т – обробка насіння та 8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин). Насіння чини посівної за добу до сівби обробляли окремо і сумішшю Біонеостиму і Вермистиму Д. На фоні обробки насіння чини посівної Біонеостимом і Вермистимом Д посіви у фазу стеблуння обприскували регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння Біонеостимом із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу литкового апарату й чистої продуктивності культури. В середньому за роки досліджень у всі досліджувані фази розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів та чистої продуктивності фотосинтезу, що в середньому перевищувало контроль на 23–55% для хлорофілу та на 20% – для чистої продуктивності фотосинтезу.

Ключові слова: хлорофіл, чиста продуктивність фотосинтезу, чина посівна, біологічні препарати.

O. V. Todosiichuk

PhD student at the Department of Biology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net

CHLOROPHYLL CONTENT AND NET PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SOWING GRASSPEA UNDER THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS

The article presents the results of research on the effects of biological preparations Bioneostim (seed treatment before sowing – 1.0 l/t) and Vermistim D (7.0 l/t – seed treatment, 8.0 l/ha – crop spraying) on the total chlorophyll a and b content and the net photosynthetic productivity of sowing grasspea (*Lathyrus sativus*).

At present, solving the issue of increasing the yield and quality of legume grains and the supply of plant protein in human nutrition is impossible without introducing new grain legume crops, among which sowing grasspea (*Lathyrus sativus*) has garnered significant interest. Currently considered a non-traditional crop, its biological and energy potential remains underestimated due to insufficient research into the species' biological characteristics and its cultivation technologies.

The research was conducted under field conditions by the Department of Biology of Uman National University of Horticulture from 2022 to 2024. The effects of the biopreparation Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D were studied in crops of the grasspea variety "Ivolga".

Field experiments were conducted using the systematic method. The experiment was repeated three times. The experimental design included variants with seed treatment before sowing using Bioneostim at a rate of 1.0 l/t, both separately and in combination with Vermistim D (7.0 l/t – seed treatment and 8.0 l/ha – foliar treatment). Grasspea seeds were treated individually or with a mixture of Bioneostim and Vermistim D one day before sowing. Against the background of seed treatment

with Bioneostim and Vermistim D, crops were sprayed with the plant growth regulator Vermistim D at a rate of 8.0 l/ha during the tillering phase.

It was established that pre-sowing seed treatment with Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D, followed by post-emergence application of the latter, created the most favourable conditions for physiological and biochemical processes in plants, including photosynthetic processes. This was due to the direct stimulating effect of the biopreparations on the functioning of the pigment complex of the leaf apparatus and the net productivity of the crop. On average, over the years of research, during all studied phases of grasspea development, an increase in pigment content in leaves and net photosynthetic productivity was observed, exceeding the control by 23–55% for chlorophyll and by 20% for net photosynthetic productivity.

Key words: chlorophyll, net photosynthetic productivity, sowing grasspea, biological preparations.

Постановка проблеми. Сучасний стан вивчення процесів фотосинтезу дає підставу вважати, що фотосинтетична діяльність сільськогосподарських культур є основою їх продуктивності й значною мірою залежить від вмісту пігментів у рослинах та показників чистої продуктивності фотосинтезу посівів. Кількість, функціональна активність пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу є показниками потенційної здатності рослин формувати як біологічний, так і фактичний урожай культури [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Нині впровадження біологічних препаратів різних груп у технології вирощування сільськогосподарських культур є вагомим кроком до посилення екологічного балансу агроєкосистем [2], також вони виявляють активний вплив на проходження фізіолого-біохімічних реакцій у рослинах, покращуючи їх ріст і розвиток [3].

Дослідженнями встановлено, що під час дії стресових чинників (температура, ультрафіолетове випромінювання, пестициди) фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, у тому числі й фотосинтез, зазнають значних змін, що відображається у спроможності проходження адаптивних реакцій у рослинах та впливає на інтенсивність нагромадження органічної речовини [4].

Одним із чинників, що визначає формування фотосинтетичних показників рослин, є застосування регуляторів росту рослин та біопрепаратів, які поряд із новими сучасними сортами і гібридами сільськогосподарських культур розглядаються як екологічно безпечні та економічно доцільні засоби підвищення їх продуктивності [5].

Аналіз наукових публікацій свідчить [6–8], що за дії регуляторів росту рослин і біопрепаратів у бобових культурах відмічаються коливання в інтенсивності формування і функціонування асиміляційної поверхні посівів, вмісту в ній хлорофілів, продуктивності фотосинтезу і з рештою – урожайності.

У зв'язку з цим, особливого значення набуває розробка маловитратних, екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур [2, 6] з використанням біопрепаратів і регуляторів росту рослин, особливо за різних способів їх поєднання.

Мета статті – дослідити вплив біологічно активних речовин – біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Вермістим Д (обробка насіння перед сівбою – 7,0 л/т л/т, обприскування посівів – 8,0 л/т л/га) на вміст пігментів і чисту продуктивність фотосинтезу чини посівної.

Методика досліджень. Дослідження виконували в польових умовах кафедри біології Уманського національного університету садівництва впродовж 2022–2024 років. Дію біопрепарату Біонеостим (N, P₂O₅, K₂O, Mg, Mn, CaO, S, B, Mo, Fe, Cu, Zn, водорозчинні гумінові речовини – 0,25–20 г/л, *Pseudomonas sp.* D-1, *Paenibacillus polymyxa* 5, *Trichoderma sp.* D-1 – 1,0×10⁵–1,0×10⁶ КУО/см³, виробник – Перфект Агро,ТОВ, Україна) і регулятора росту рослин Вермістим Д (амінові, гумінові, специфічні білкові і фульвокислоти, вітаміни, фітогормони, бактерії: *Lactobacillus plantarum* (>100 тис), *Lactobacillus casei* (>10 тис), *Rhodopseudomonas palustris* (>10тис), *Saccharomyces cerevisiae* (>10 тис), виробник – Біоконверсія, ПП, Україна) вивчали в посівах чини посівної сорту Іволга.

Польові досліді закладали систематичним методом. Повторність дослідів – триразова. Схема дослідів включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим у нормі 1,0 л/т окремо й сумісно з регулятором росту рослин Вермістим Д нормі (7,0 л/т – обробка насіння та 8 л/га – обробка вегетуючих рослин). Насіння чини посівної за добу до сівби обробляли біопрепаратом, регулятором росту рослин та їх сумішами. На фоні обробки насіння чини посівної Біонеостимом і Вермістимом Д посіви у фазу стеблуння обприскували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 регулятором росту рослин Вермістим Д у нормі 8,0 л/га із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Деталізовану схему дослідів приведено у таблицях.

Вміст у листках чини посівної суми хлорофілів *a* і *b* визначали за методикою, описаною З. М. Грицаєнко [9]. Чисту продуктивність фотосинтезу посівів розраховували за методикою О. О. Ничипоровича [9].

Статистичну обробку даних виконували в програмі Microsoft Office Excel 2007 за методом, викладеним В. О. Єщенком та ін. [10].

Результати досліджень. Встановлено, що вміст хлорофілу в листках чини посівної залежав від норм використання біопрепарату Біонеостим, внесеного роздільно і в комплексі з регулятором росту рослин Вермістим Д, та від погодних умов, що склалися у роки проведення досліджень (табл. 1).

У загальному вміст суми хлорофілів *a* і *b* в листках чини посівної узгоджувався із погодними умовами, які були найсприятливішими за температурним та водним режимом для рослин у 2023 і 2024 рр., менш сприятливими – 2022 р.

Аналізуючи сумарний вміст хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної у 2022 р., можна зазначити, що у фазу бутонізації за передпосівної обробки насіння Біонеостимом (Фон I) вміст хлорофілів перевищував контрольний варіант на 0,238 мг/г сирової речовини. Передпосівна обробка насіння регулятором росту рослин Вермистим Д забезпечила зростання досліджуваних показників відносно варіанта без застосування препаратів – на 0,177 мг/г сирової речовини. Високі показники вмісту пігментів спостерігались у варіанті з сумісною передпосівною обробкою насіння Біонеостимом із Вермистимом Д, де перевищення за сумою хлорофілів *a* і *b* відносно контролю складало 0,272 мг/г сирової речовини.

Позитивний вплив на накопичення суми хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної також спостерігався за обприскування посівів регулятором росту рослин, де перевищення до контролю складало 0,091 мг/г сирової речовини відповідно. Разом з тим за внесення останнього по фоні II відмічено збільшення вмісту суми хлорофілів *a* і *b* в порівнянні з контролем у фазі бутонізації чини на 0,300 мг/г сирової речовини, що може свідчити про позитивний рістрегулювальний вплив Вермистиму Д на кореневу й вегетативну системи рослин. Водночас, дещо вище зростання вмісту пігментів спостерігали у варіанті з передпосівною обробкою насіння біопрепаратом і наступним післясходовим внесенням Вермистиму Д, де вміст хлорофілів перевищував контрольний варіант на 0,313 мг/г сирової речовини.

Найвищі показники суми хлорофілів *a* і *b* формувались у варіанті досліді із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д (8,0 л/га), внесеного на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю Біонеостиму та Вермистиму Д, де перевищення до контролю складало 0,431 мг/г сирової речовини.

У 2023 та 2024 рр. були відмічені подібні залежності за вмістом хлорофілів у листках чини посівної за дії застосовуваних препаратів. Так, у варіанті із передпосівною обробкою насіння Вермистимом Д сума хлорофілів *a+b* перевищувала показники контрольного варіанту на 0,158 та 0,280 мг/г сирової речовини відповідно до років досліджень, а за біопрепарату Біонеостим – 0,222 і 0,317 мг/г сирової речовини, тоді як

за сумісної дії вищезазначених препаратів перевищення до контролю за сумою хлорофілів *a* і *b* складало 0,262 у 2023 році та 0,353 мг/г сирової речовини відповідно у 2024 році.

За обприскування чини Вермистимом Д показник суми хлорофілів *a* і *b* у листках культури у фазі бутонізації перевищував контрольний варіант на 0,073 і 0,131 мг/г сирової речовини відповідно до років досліджень. Комплексне застосування Вермистиму Д (обробка насіння перед сівбою та посівів) забезпечило формування вищого вмісту досліджуваних показників у відношенні до контролю у 2023 році на 0,291 та на – 0,415 мг/г сирової речовини відповідно у 2024 році досліджень.

У варіанті із застосуванням біопрепарату для обробки насіння з наступним післясходовим внесенням регулятора росту рослин Вермистим Д вміст суми хлорофілів *a* і *b* зростав у порівнянні з контролем на 0,317 (2023 р.) та 0,457 (2024 р.) мг/г сирової речовини, водночас у варіанті з використанням цих же препаратів для обробки насіння з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д – 0,406 і 0,495 мг/г сирової речовини.

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках чини посівної залежав не лише від застосовуваних препаратів, а й від фази росту і розвитку культури. Так, у фазу цвітіння – утворення бобів культури, коли відмічалась найвища активність ростових процесів рослин, вміст пігментів у листках рослин у порівнянні з фазою бутонізації значно збільшувався (табл. 2).

Зокрема, у 2022 році за передпосівної обробки насінневого матеріалу Вермистимом Д показники суми хлорофілів *a* і *b* у фазі цвітіння – утворення бобів перевищували контроль на 0,141 мг/г сирової речовини, а за інокуляції біопрепаратом Біонеостим – на 0,189 мг/г сирової речовини відповідно.

Водночас, у варіанті з комплексною передпосівною обробкою насіння біопрепаратом і регулятором росту рослин перевищення суми хлорофілів до контролю становило 0,269 мг/г сирової речовини, що було вищим за відповідні показники у варіанті самостійної обробки насіння регулятором росту рослин на 0,128 мг/г сирової речовини, а до варіанту із самостійною обробкою біопрепаратом – на 0,080 мг/г сирової речовини відповідно.

Таблиця 1

Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної за використання Біонеостиму і Вермистиму Д (фаза бутонізації, мг/г сирової речовини)

Варіант досліді	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	0,765	0,813	0,854	0,811
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	1,003	1,035	1,171	1,070
PPP Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	0,942	0,971	1,134	1,016
БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III)	1,037	1,075	1,207	1,106
PPP Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	0,856	0,886	0,985	0,909
Фон I + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,078	1,130	1,311	1,173
Фон II + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,065	1,104	1,269	1,146
Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,196	1,219	1,349	1,255
НІР ₀₅	0,038	0,036	0,042	

У варіанті дослідження із застосуванням регулятора росту рослин Вермистим Д 8,0 л/га, внесення на фоні передпосівної обробки насіння сумішшю біопрепарату і Вермистиму Д, вміст суми хлорофілів перевищував контроль на 0,355 мг/г сирової речовини, що на 0,086 мг/г сирової речовини перевищувало варіант лише з комплексною передпосівною обробкою насіння біопрепаратом і регулятором росту рослин.

Упродовж досліджень 2023 та 2024 років спостерігалась подібна залежність з накопиченням пігментів у листках чини посівної у фазу цвітіння – утворення бобів за дії біопрепарату і регулятора росту рослин, що й у 2022 році.

У середньому за роки досліджень найвищі показники вмісту суми хлорофілів *a* і *b* у фазу цвітіння – утворення бобів культури були відмічені у варіанті Фон III + посходове внесення Вермистиму Д, де перевищення складало до контролю 0,367 мг/г сирової речовини.

Досить важливим показником фотосинтетичної діяльності посівів є чиста продуктивність фотосинтезу, що характеризує інтенсивність нагромадження сухої біомаси врожаю упродовж доби в розрахунку на 1 м² листової поверхні рослин.

Встановлено, що використання для передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепарату Біонеостим як окремо, так і сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д, позитивно впливало на показники чистої продуктивності фотосинтезу. Так, у 2022 р. передпосівна обробка насіння чини посівної Біонеостимом у нормі 1,0 л/т сприяла

зростанню чистої продуктивності посівів у міжфазний період бутонізація – цвітіння на 0,15 г/м² за добу у відношенні до контролю (табл. 3). Дещо активніше фотосинтетична продуктивність посівів формувалася у варіантах, де біопрепарат застосовували сумісно з регулятором росту рослин. Так, якщо за окремого застосування Вермистиму Д у нормі 7,0 л/т чиста продуктивність фотосинтезу складала 1,92 г/м² за добу, що на 4% перевищувало контроль, то за внесення цієї ж норми препарату в суміші з Біонеостимом відмічено зростання досліджуваного показника до 2,06 г/м² за добу відповідно, що на 12% перевищувало контроль та на 4% – відповідні показники у варіантах окремої дії Біонеостиму.

Одержані дані свідчать про позитивний вплив композиції досліджуваних препаратів на проходження в рослинах чини посівної основних фізіолого-біохімічних процесів, які покращують розвиток надземної біомаси рослин за рахунок стимулювальної дії екзогенних фітогормонів та активізації колонізаційної здатності ризосфери за рахунок інтродукованих мікроорганізмів, що в цілому сприяло покращенню мінерального забезпечення рослинного організму [5].

За використання регулятора росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га по сходах культури на фоні обробки насіння чини біопрепаратом Біонеостим у нормі 1,0 л/т показник чистої продуктивності фотосинтезу складав 2,14 г/м² за добу при 1,84 г/м² за добу в контролі.

Аналізуючи варіанти дослідження з використанням Біонеостиму та Вермистиму Д для обробки насіння

Таблиця 2

Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках чини посівної за використання Біонеостиму і Вермистиму Д (фаза цвітіння – утворення бобів мг/г сирової речовини)

Варіант дослідження	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1,354	1,620	1,775	1,583
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	1,543	1,769	1,946	1,753
PPP Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1,495	1,748	1,885	1,709
БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III)	1,623	1,887	1,999	1,836
PPP Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	1,455	1,677	1,811	1,648
Фон I + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,666	1,957	2,093	1,905
Фон II + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,645	1,923	2,042	1,870
Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	1,709	1,996	2,146	1,950
НІР ₀₅	0,51	0,060	0,053	

Таблиця 3

Чиста продуктивність посівів чини посівної за використання Біонеостиму і Вермистиму Д (г/м² за добу, фази бутонізація – цвітіння)

Варіант дослідження	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Без застосування препаратів (контроль)	1,84	2,01	2,26	2,04
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	1,99	2,13	2,45	2,19
PPP Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	1,92	2,09	2,39	2,13
БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III)	2,06	2,20	2,51	2,26
PPP Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	1,87	2,06	2,33	2,09
Фон I + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	2,14	2,37	2,59	2,37
Фон II + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	2,09	2,27	2,54	2,30
Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	2,21	2,49	2,64	2,45
НІР ₀₅	0,08	0,11	0,09	

перед сівбою з наступною обробкою посівів Вермистимом Д, слід відмітити найбільше зростання чистої продуктивності посівів, що на 0,37 г/м² за добу перевищувало показник контролю. Подібна залежність була відмічена і в 2023 та 2024 рр. досліджень, однак аналіз експериментальних даних засвідчує чітку залежність формування чистої продуктивності фотосинтезу від погодних умов, які у 2022 р. для рослин чини посівної були менш сприятливими за показниками вологи. Зокрема, найнижчу фотосинтетичну продуктивність посівів у контролі (1,84 г/м² за добу) було відмічено у 2022 році.

У середньому за роки досліджень, за обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) чиста продуктивність фотосинтезу посівів перевищувала контроль на 11%. Проте найвищий рівень фотосинтетичної продуктивності посівів формувався у варіанті Фон III + регулятор росту рослин Вермистим Д (8 л/га) і складав 2,45 г/м² за добу при 2,04 г/м² за добу в контролі. Одержані показники фотосинтетичної продуктивності посівів у даному варіанті досліду узгоджуються з даними найвищої фізіолого-біохімічної активності посівів, встановленими нами у інших дослідженнях.

Висновки. Передпосівна обробка насіння біопрепаратом Біонеостим із регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним післясходовим внесенням останнього забезпечує створення найбільш сприятливих умов для проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, у тому числі й фотосинтетичних, обумовлених безпосередньою стимулювальною дією біопрепаратів на функціонування пігментного комплексу листового апарату рослин та чистої продуктивності культури. В середньому за роки досліджень у всі досліджувані фази розвитку чини посівної спостерігалось зростання вмісту у листках пігментів та чистої продуктивності фотосинтезу, що в середньому перевищувало контроль на 23–55% – для хлорофілу та на 20% – чиста продуктивність фотосинтезу.

Література

1. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. 2001. №1. С. 60–74.
2. Марченко К. Ю. Фотосинтетична продуктивність посівів вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 23 квітня 2021 р.). с. Центральне. Україна. 2021. С. 72–73. Електронний ресурс: <http://confer.uisr.sops.gov.ua>.
3. Domaratskiy E., Shcherbakov V., Bazaliy V. [et al.]. Analysis of Synergetic Effects from Multifunctional Growth Regulating Agents in the of Sunflower Mineral Nutrition System. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical. 2019. №10(2). P. 301–308. [http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10\(2\)/\[41\]](http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10(2)/[41]).
4. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М., Гнатюк М. Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії

біологічних препаратів. Наукові горизонти. Вісник ЖНУЕУ. № 7(80). Житомир. 2019. С. 41–47.

5. Марченко К. Ю. Вміст хлорофілу та чиста продуктивність фотосинтезу вівса голозерного за дії біологічних препаратів. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2022. Вип. 77. С. 62–67.

6. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Коробко О. О. Елементи біологізованої технології вирощування нуту. Рекомендації виробництву. Черкаси: «Брама-Україна». 2019. 24 с.

7. Карпенко В. П., Полторецький С. П., Притуляк Р. М. та ін. Елементи біологізації в рослинництві : рекомендації виробництву (монографія); за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 112 с.

8. Бойко Я. О. Вплив гербіциду МаксіМокс за сумісного використання з біологічними препаратами на вміст хлорофілу в рослинах гороху озимого. Новини науки та прикладні науки розробки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 28 жовтня 2018 р.). Львів. 2018. Т. 5. С. 76–78.

9. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.

10. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії: [підруч.]; за ред. В. О. Єщенка. К.: Дія. 2005. 288 с.

References

1. Huliaiev B. I. (2001). Ekofiziologhiia fotosintezu: dosiahnennia, stan ta perspektyvy doslidzhen. [Ecophysiology of photosynthesis: achievements, state and prospects of research]. Fiziologhiia roslyn v Ukraini na mezhi tysiacholit. №1. S. 60–74 [in Ukrainian].
2. Marchenko K. Yu. (2021). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv vivsa holozernoho za dii biolohichnykh preparativ. Seleksiia, henetyka ta tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. [Photosynthetic productivity of whole-grain oat crops under the influence of biological preparations. Breeding, genetics and technologies of growing agricultural crops]. Materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv (s. Tsentralne, 23 kvitnia 2021 r.). S. Tsentralne. Ukraina. S. 72–73. Elektronnyi resurs: <http://confer.uisr.sops.gov.ua> [in Ukrainian].
3. Domaratskiy E., Shcherbakov V., Bazaliy V. [et al.]. (2019). Analysis of Synergetic Effects from Multifunctional Growth Regulating Agents in the of Sunflower Mineral Nutrition System. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical. №10(2). P. 301–308. [http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10\(2\)/\[41\]](http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10(2)/[41]) [in English].
4. Karpenko V. P., Novikova T. P., Prytuliak R. M., Hnatiuk M. H. (2019). Vmist pihmentiv u lystkakh sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ. [Content of pigments in lentil leaves under the influence of biological preparations]. Naukovi horyzonty. Visnyk ZhNaEU. №7(80). Zhytomyr. S. 41–47 [in Ukrainian].

5. Marchenko K. Yu. (2022). Vmist khlorofilu ta chysta produktyvnist fotosyntezy vivsa holozernoho za dii biolohichnykh preparativ. Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. [Chlorophyll content and net photosynthetic productivity of whole-grain oats under the action of biological preparations. Irrigated agriculture: interdepartmental thematic scientific collection]. Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka». Vyp. 77. S. 62–67 [in Ukrainian].

6. Karpenko V. P., Prytuliak R. M., Korobko O. O. (2019). Elementy biolohizovanoi tekhnolohii vyroshchuvannia nutu. Rekomendatsii vyrobnytstvu. [Elements of biological technology of chickpea cultivation. Recommendations for production]. Cherkasy: «Brama-Ukraina». 24 s. [in Ukrainian].

7. Karpenko V. P., Poltoretskyi S. P., Prytuliak R. M. ta in. (2017). Elementy biolohizatsii v roslynnytstvi : rekomendatsii vyrobnytstvu (monohrafiia) ; za red. V. P. Karpenka. [Elements of biologization in crop production: recommendations for production (monograph); under the editorship V. P. Karpenko]. Uman : Vydavets «Sochinskyi M. M.». 112 s. [in Ukrainian].

8. Boiko Ya. O. (2018). Vplyv herbitsydu MaksiMoks za sumisnoho vykorystannia z biolohichnymy preparatamy na vmist khlorofilu v roslynakh horokhu ozymoho. Novyny nauky ta prykladni naukovi rozrobky: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Lviv, 28 zhovtnia 2018 r.). [Effect of MaxiMox herbicide in combination with biological preparations on the content of chlorophyll in winter pea plants. Science news and applied scientific developments: materials of the International Scientific and Practical Conference (Lviv, October 28, 2018)]. Lviv. T.5. S. 76–78 [in Ukrainian].

9. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. K.: ZAT «Nichlava». 320 s. [in Ukrainian].

10. Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: [pidruch.]; za red. V. O. Yeshchenka. [Basics of scientific research in agronomy: [subscription]/Undertheeditorship V.O.Yeshchenko]. K.: Diia. 288 s. [in Ukrainian].

**О. І. Улянич**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент Національної академії аграрних наук України,
професор кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: olena.ivanivna@gmail.com

Н. В. Яценко

доктор сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vorob2807@gmail.com

**К. Ф. Улянич**

кандидат економічних наук,
менеджер,
ТОВ Пролайн Трейд (м. Умань, Україна)
E-mail: kostya@proline.biz.ua



ЕФЕКТИВНІСТЬ СОРТІВ ІНДАУ ПОСІВНОГО У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті представлено сучасні питання вивчення ефективності сортів індау посівного у Правобережному Лісостепу України. Розглянуто світовий досвід та недостатню розробку, яка застосована до удосконалення технології вирощування індау посівного в Україні. У дослідженнях передбачалося вивчення сортименту індау посівного та з'ясування ефективності рослин до умов Правобережного Лісостепу України, урожайності та якості продукції. Використовували загальноприйняті методи досліджень у агрономії. Звертали найбільшу увагу на фенологічні дати та біометричні показники росту рослин, урожайність, хімічний склад. Доведено, що сорт індау посівного Знахар, який обрано за контроль, характеризувався більшою кількістю листків – 18 шт./росл. Крім того, даний показник був стабільним упродовж років досліджень. Сорти Барвінковий та Спаркл показали нижчі результати і кількість листків складала 16–17 шт./росл. Висота рослин серед досліджуваного сортименту у індау посівного була нижчою у контролі – 15,0 см, в той самий час, як сорт Барвінковий виявився на 2,3 см істотно вищим, а сорт Спаркл – на 3,5 см істотно вищим за контроль. Серед досліджуваних сортів індау посівного найбільшу масу рослини виявлено у сорту Спаркл – 115,4 см у фазу технічної стиглості, не зважаючи на те, що на початку росту вищим даний показник був у контролі – 3,3 см. Високою урожайністю у індау посівного серед досліджуваних сортів відзначився сорт Спаркл – 18,1 т/га, що істотно перевищило контроль на 2,9 т/га. В свою чергу сорт Барвінковий показав найнижчий результат, що був нижчим від контролю на 2,4 т/га. Доведено, що ефективним сортом для умов Правобережного Лісостепу України є сорти Спарк і Барвінковий серед сортів індау посівного.

Ключові слова: індау посівний (*Eryca sativa* Mill.), сорт, кількість листків, урожайність, якість.

O. I. Ulianych

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Professor at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: olena.ivanivna@gmail.com

N. V. Yatsenko

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vorob2807@gmail.com

K. F. Ulianych

Candidate of Economic Sciences,
 Manager,
 Proline Trade LLC (Uman, Ukraine)
 E-mail: kostya@proline.biz.ua

EFFECTIVENESS OF INDAU CULTIVARS IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

The article presents modern issues of the effectiveness of indau cultivars and improvement of the technology of cultivation of arugula in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The research was supposed to study the assortment of arugula (Eruca sativa Mill.), as well as to find out its effectiveness under the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine, yield and product quality. Conventional research methods were used. The highest attention was paid to biometric indexes of plant growth and yield. Studies have proven that the control cultivars of arugula Znakhar was characterized by a larger number of leaves – 18 pcs./plant. In addition, the data and indexes have been stable over the years of research. Cultivars of arugula (Eruca sativa Mill.) Barvinkovy and Sparkle showed lower results and the number of leaves was 16–17 pcs./plant. The height of the plants among the studied assortment of arugula (Eruca sativa Mill.) was the lowest at the control cultivar – 15,0 cm, while the Barvinkovy cultivar was 2,3 cm higher, and the Sparkle cultivar was 3.5 cm significantly higher than the control. Among the studied cultivars of arugula, the highest plant weight was found in the Sparkle cultivar – 115,4 g in the phase of technical ripeness, even though at the beginning of growth this index was higher in the control – 3,3 g. The Sparkle cultivar had a high yield of 18,1 t/ha, which exceeded the control by 2,9 t/ha. In turn, the Barvinkovy cultivar showed the lowest result, which was lower than the control by 2,4 t/ha. It has been proven that the optimal cultivars for the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine are the Barvinkovy and Sparkle cultivars among the arugula (Eruca sativa Mill.).

Key words: arugula (Eruca sativa Mill.), cultivar, number of leaves, yield, quality.

Постановка проблеми. Отримання в овочевих рослин високої врожайності кращої якості неможливе без знання біологічних особливостей кожного сорту та застосування науково обґрунтованої технології вирощування [1–3]. Ефективний сорт для певного регіону вирощування сприяє формуванню дружніх і вирівняних сходів, оптимальному настанню і проходженню фаз росту та розвитку рослин, забезпечує рівномірну технічну стиглість і високу якість зелені [5]. Цілісність цих факторів створюють особливу увагу до малопоширеної рослини індау посівний в українського споживача та виробника, але поширення і виробництво обмежуються недостатчею сучасної науково-обґрунтованої сортової технології вирощування культури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення сортової технології вирощування індау посівного, реакції рослини на умови росту, низьких температур, засухи та інших умов отримання високої врожайності в Правобережному Лісостепу України до нині не проводилося. Такі дослідження мають важливе значення для встановлення ефективності сортименту, подовження періоду надходження свіжої зелені та забезпечення продовольчої безпеки України [5, 13–15]. Відомо, що рослини індау посівного мають лікувальну дію на організм людини, яка включає антигіперліпідемічні, антигіперглікемічні, антинефролітатні та гепатопротекторні властивості. Зелена маса рослини містить значний перелік мікроелементів – Cu, Fe, Mg, Mn, Cr, Zn, Mo, Na і Ca [6, 16–18].

Отримання високої і сталої врожайності індау посівного, як і інших сільськогосподарських культур, забезпечується якісним насіннєвим матеріалом, адаптивною сортовою технологією вирощування і сприятливими умовами під час вегетації [6, 7, 19, 20].

Сорти індау посівного скоростиглі, врожайні на зелень і насіння. Дикорослі види зустрічаються

в північній Африці, Індії, Південно-Східній Азії [8–10]. До нині виведено високоякісні сорти індау посівного, що мають гарну зелень, ніжний аромат, стійкість до стрілкування для умов відкритого і закритого ґрунту [17–19]. Селекція тривалий час спрямовувалася на сорти з високим вмістом ефірної олії у листках і насінні. Наразі все більше уваги спрямовано на створення гібридів з поліпшеним хімічним складом. Листки в індау посівного споживають поки рослини не переходять до стрілкування [9, 18, 20].

Тому, вивчення та встановлення ефективного сортименту індау посівного для отримання високої і якісної врожайності в Правобережному Лісостепу України є важливим і актуальним завданням.

Метою статті є вивчення сортименту індау посівного та з'ясування ефективності сортів в Правобережному Лісостепу України. Поставлено наступні завдання: знайти найбільш ефективний і врожайний сорт індау посівного з високою якістю зеленої продукції.

Методика дослідження. Вивчали сорти індау посівного впродовж 2022–2024 рр. на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського НУС. Досліджували сорти, що внесені у Державний реєстр сортів, придатних до вирощування в Україні – Знахар (стандарт), Барвінковий, Спаркл. Загальна площа дослідної ділянки 10 м², площа облікової ділянки – 5 м². Повторення варіантів у досліді – чотириразове. Схема розміщення рослин 45×15 см, що відповідає 148 тис. шт/га. Якісні показники індау посівного в Україні визначали згідно ДСТУ: 7160:2010 [4]. Фенологічні спостереження, біометричні і фізіолого-біохімічні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [21]. Статистичний аналіз отриманих результатів виконувався за методикою, описаною В. О. Єщенко та ін., 2018 [21].

Основні результати дослідження. Відомо, що на дружність і вирівняність сходів

безпосередньо впливають гідротехнічні умови регіону вирощування. У наукових джерелах літератури, на жаль, зустрічається недостатньо інформації щодо умов вирощування сучасного сортименту індау посівного [10–12]. В наших дослідженнях поодинокі сходи індау посівного з'явилися через 5–7 діб. Фаза утворення розетки у рослин відбувалася на 15–19 добу, а технічної стиглості зелені наставала на 43–46 добу.

Спостереженнями за біометричними показниками росту встановлено певні відмінності у досліджуваних сортах. Так, висота рослин індау посівного змінювалася відповідно від сорту і показник істотно варіював у роки досліджень (рис. 1).

Сорт індау посівного Знахар характеризувався меншою висотою рослин у досліджувані роки – 14,6–15,3 см. Сорти Барвінковий і Спаркл показали вищі результати. Так, висота рослин індау посівного істотно перевищувала контроль і у сорту Барвінковий досягала 16,5–18,3 см, а сорту Спаркл – 17,4–19,1 см ($HIP_{05} = 2022 - 0,2$ см; $2023 - 0,5$; $2024 - 0,3$ см).

Таким чином, висота рослин значною мірою залежить від сортових ознак, а також від умов вирощування.

Серед біометричних показників рослин індау особлива увага приділялася встановленню відмінностей щодо облиственості. Так, встановлено, що загальна кількість листків у індау посівного залежала як від сортових особливостей, так і року досліджень (табл. 1).

Відмічено, що сорт індау посівного Спаркл характеризувався істотно більшою кількістю листків – 8–10 шт/роsl. на початку розвитку розетки. Але у фазу технічної стиглості сорт Спаркл мав 16–18 шт/роsl., що є середніми показниками. У контролі сорту Знахар показник був найвищий – 18 шт/роsl.

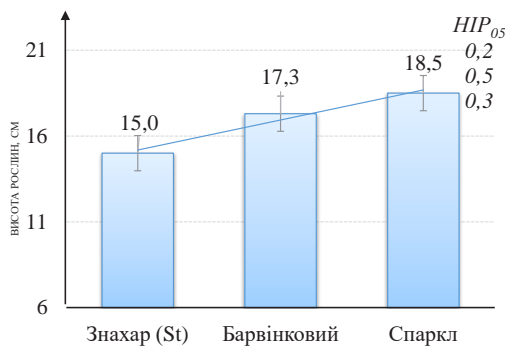


Рис. 1. Висота рослин сортів індау посівного залежно від сортових особливостей, см (2022–2024)

Загальна кількість листків на рослині була порівняно сталою у ранні фази обліку. У сорту Знахар (St) кількість листків виявилася сталою – 18 шт/роsl. У решти сортів спостерігалися певні відхилення, що можна пов'язати з погодними умовами у роки вирощування. При цьому, на ранніх етапах росту і розвитку рослин усіх сортів найбільшим впливом характеризувався режим зволоження посівів. Недостатня кількість вологи та висока температура у період інтенсивного росту негативно позначалися на формуванні облиственості на рослині. Отже, аналіз отриманих даних основних біометричних ознак вказує, що на них впливає як сорт, так і умови року.

Маса рослини індау посівного істотно варіювала по сортах. Так, на початку росту розетки маса рослини сортів індау посівного відмічалася на рівні 2,7–3,5 г. У фазу технічної стиглості рослини цей показник в середньому досягав 96,4–115,4 г. Загалом у роки досліджень маса рослини у фазу технічної стиглості у контролі склала 111,8 г, а в сорту Барвінковий – 96,4 г, в сорту Спаркл – 115,4 г.

Облік урожаю зеленої маси індау посівного показав пряму залежність від сортименту й умов вирощування (табл. 2).

Врожайність індау посівного у 2022 р. загалом була вищою за послідовні роки за рахунок вищої кількості опадів і склала 15,7–19,0 т/га. Високою врожайністю відзначилися сорти Знахар і Спаркл, яка досягнула рівня 18,0–19,0 т/га та істотно перевищувала стандарт ($HIP_{05} = 0,5$ т/га).

У 2023 р. урожайність індау посівного склала 15,9–18,4 т/га. Високою врожайністю відзначилися сорти Знахар і Спаркл, яка досягнула рівня 17,0 і 18,4 т/га і істотно перевищувала контроль на 1,4 т/га ($HIP_{05} = 0,4$ т/га).

У 2024 р. урожайність індау посівного склала 14,0–17,9 т/га. Високою врожайністю відзначилися сорти Знахар і Спаркл, яка досягнула рівня 17,9 т/га і 16,8 т/га ($HIP_{05} = 0,3$ т/га).

В середньому за роки досліджень урожайність сорту Спаркл склала 18,1 т/га, що істотно вище від сорту-стандарту Знахар на 2,9 т/га. В свою чергу, сорт Барвінковий формував істотно нижчу врожайність у порівнянні зі стандартом у роки досліджень і різниця становила 2,4 т/га.

Аналіз хімічного складу товарної продукції індау посівного виявив значний вплив досліджуваного сортименту на низку таких показників як вміст сухої розчинної речовини, нітратів, суми цукрів, хлорофілу і вітаміну С у листках. Так, в індау посівного вищий вміст вітаміну С

Таблиця 1

Динаміка облиственості індау посівного в роки досліджень, шт/роsl.

Сорт	Початок росту розетки				Фаза технічної стиглості			
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за три роки
Знахар (St)	8,2	7,9	9,3	8,5	18,1	17,8	18,5	18,1
Барвінковий	8,5	8,3	7,8	8,2	17,8	15,9	16,3	16,7
Спаркл	8,3	9,0	10,4	9,2	16,3	18,4	17,7	17,5
HIP_{05}	0,5	0,4	0,2		0,8	1,1	0,9	

Урожайність зеленої маси індау посівного залежно від сорту, т/га

Сорт	2022 р.	2023 р.	2024р.	Середнє за 2022–2024 рр., т/га	± до контролю
Знахар (St)	18,0	17,0	17,9	17,6	0
Барвінковий	15,7	15,9	14,0	15,2	-2,4
Спаркл	19,0	18,4	16,8	18,1	+2,9
HIP ₀₅	0,5	0,4	0,3		

відмічено у сорту Барвінковий – 138,4 мг/100 г, а сорт Спаркл показав показник близький до стандарту – 127,6 та 123,4 мг/100 г відповідно. У період проведення досліджень у рослин відмічено певне перевищення вмісту сухої розчинної речовини у листках сорту Барвінковий – 14,0%, сорт Спаркл показав лише 12,1 %, що нижче стандарту на 1,3%. Уміст хлорофілу майже не різнився з поміж досліджуваних сортів і становив 0,43–0,44 мл/л, вищим показником вирізнялися сорти Барвінковий та Знахар. Вміст суми цукрів знаходився в діапазоні 2,0–2,2% з найнижчим показником у сорту Знахар – 2,0%.

Висновки. В умовах Правобережному Лісо-степу України сортові особливості визначають швидкість появи сходів, тривалість вегетації і продуктивність культури індау посівного. При цьому, істотно вищу товарну врожайність на рівні 16,8–19,0 т/га формує сорт Спаркл.

Література

1. Андрющенко А. В., Кривицький К. М. Випробування сортів в Україні: минуле і сучасне. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ: Алефа. 2005. Вип. 2. С.156–168.
2. Болотських О. С. Все про город: Практичні поради овочівникам. Київ: Урожай. 2000. 432 с.
3. Bukhash, E. Malik, S. A. & Ahmad, S. S. Estimation of Nutritional Value and Trace elements Content of *Carthamus oxyacantha*, *Eruca sativa* and *Plantago ovata*. *Pakistan Journal of Botany*. 2007. V. 39(4). P. 1181–1187.
4. ДСТУ 7160:2010 Насіння овочевих, баштанних, пряно-ароматичних культур. Сортові і позитивні якості. Технічні умови. К., 2010. 5 с.
5. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. К.: Нова Книга. 2008. 265 с.
6. Господаренко Г. М., Єщенко В. О., Полторецький С. П. та ін. Системи технології в рослинництві. Умань: Социнський. 2008. 368 с.
7. Chornyj, V., Kushniruk, V., Georgiyants, V. Design and implementation of green chemistry approaches into pharmaceutical analysis of benzydamine dosage formes. *Scientific Journal Science Rise: Pharmaceutical Science*. 2004. V. 5(21). P. 12–17. <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2019.182024>
8. Garibaldi, A., Minuto, A. & Oiullino, M. L. First Report of *Peronosporaparasiticta* on Wild Rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) in Italy. *Plant Dis.* V. 88. P. 13–81.
9. Хареба В. В., Хареба О. В., Позняк А. В. та ін. Пряно-ароматичні овочеві рослини: навч. пос. К.: НААН. 2012. 44 с.
10. Корабльова О. А. Біохімічна характеристика пряно-ароматичних рослин в умовах інтродукції на Поліссі України. *Овочівництво і баштанництво*. Мерефа, 2003. Вип. 48. С. 304–309.
11. Корнієнко С. І., Хареба В. В., Хареба О. В. та ін. Особливості технології вирощування нетрадиційних овочевих культур: навч. пос. Вінниця: Нілан. 2015. 133 с.
12. Лавренюва Г. В., Лавренюв В. К., Лавренюв Ю. В. Спеції і прянощі. Донецьк: Сталкер. 2001. 368 с.
13. Латюк Г. І., Попова Л. М., Тихонов П. С. та ін. Довідник овочівника Степу України. Одеса: ВМВ. 2010. 472 с.
14. Moon, K. M., Bin Kwon, E., Lee, B., Kim, C. Y. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*. 2020. 25:2754. doi: 10.3390/molecules25122754.
15. Нечитайло В. А., Баданіна В. А., Грищенко В. В. Культурні рослини України. К.: Фітосоціоцентр. 2005. 351 с.
16. Nicoletti, R., Raimo, F., Miccio, G. First report of *Rhizoctoniasolani* on *Diplotaxis tenuifolia* in Italy. *Plant pathology*. 2004. V. 53. P. 811.
17. Noor, R. S., Wang, Z., Umair, M. and others. Long-term application effects of organic and chemical fertilizers on soil health and productivity of taramira (*Eruca Sativa* L.) under rainfed conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 2021. V. 30(4). P. 970–987. DOI:10.36899/JAPS.2020.4.0113.
18. Nurzynska-Wierdak, R. Yielding of garden rocket (*Eruca sativa*) in dependens on differentiated nitrogen fertilization. *Vegetable crops research bull. Skierniewice*. 2001. V. 54(2). P. 71–75.
19. Nurzynska-Wierdak, R. The effect of nitrogen fertilization on yield and chemical composition of garden rocket (*Eruca Sativa* Mill.) in autumn cultivation. *Acta Scientiarum, Polonorum Hortorum Cultus*. 2006. V. 5(1). P. 53–63.
20. Nurzynska-Wierdak, R. Growth and yield of garden rocket (*Eruca sativa*. Mill.) affected by nitrogen and potassium fertilization. *Acta Scientiarum, Polonorum Hortorum Cultus*. 2009. V. 8(4). P. 23–33.
21. Єщенко В. О. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії: навч. пос. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ФОП Рогальська О. І. 2018. 208 с.

References

1. Andriushchenko, A. V., Kryvytskyy, K. M. (2005). Vyprobuvannya sortiv v Ukraini: mynule i suchasne [Variety testing in Ukraine: past and present]. *Sortovyvchennya ta okhorona prav na sorty roslyn*. Kyiv: Alefa. 2005, v. 2, pp. 156–168 (in Ukrainian).

2. Bolotskykh, O. S. (2000). Vse pro horod: Praktychni porady ovochivnykam [All about the vegetable garden: Practical advice for vegetable growers]. Kyiv: Urozhay. 2000, p. 432 (in Ukrainian).
3. Bukhash, E. Malik, S. A. & Ahmad, S. S. (2007). Estimation of Nutritional Value and Trace elements Content of *Carthamus oxyacantha*, *Eruca sativa* and *Plantago ovata*. *Pakistan Journal of Botany*. 2007, v. 39(4), pp. 1181–1187.
4. DSTU 7160:2010 Nasinnia ovochevykh, bashtannykh, priano-aromatychnykh kultur. Sortovi i pozytyvni yakosti. Tekhnichni umovy. [Seeds of vegetable, melon, aromatic crops. Varietal and positive qualities. Technical conditions]. Kyiv. 2010, p. 5 (in Ukrainian).
5. Hil, L. S., Pashkovskiy, A. I., Sulima, L. T. (2008). Suchasni tekhnolohiyi ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu [Modern technologies of vegetable growing in closed and open soil]: educational manual. Kyiv: Nova Knyha. 2008, p. 265 (in Ukrainian).
6. Hospodarenko, H. M., Yeshchenko, V. O., Poltoretskyi, S. P. ta in. (2008) Systemy tekhnolohii v roslynytstvi: navch. pos. [Systems of technology in plant breeding]: educational manual. Uman: Sochynskiy. 2008, p. 368 (in Ukrainian).
7. Chornyj, V., Kushniruk, V. & Georgiyants, V. (2019). Design and implementation of green chemistry approaches into pharmaceutical analysis of benzydamine dosage formes. *Scientific Journal Science Rise: Pharmaceutical Science* 2019, v. 5(21), p. 12–17. <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2019.182024>
8. Garibaldi, A. Minuto, A. & Oiullino, M. L. (2004). First Report of *Peronosporaparazitica* on Wild Rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) in Italy. *Plant Dis.* 2004, v. 88, pp. 13–81.
9. Khareba, V. V., Khareba, O. V., Poznyak, A. V. ta in. (2012), Priano-aromatychni ovochevi roslyny: navch. pos. [Spicy and aromatic vegetable plants]: educational manual. Kyiv: NAAN. 2012, p. 44 (in Ukrainian).
10. Korablova, O. A. (2003) Biokhimichna kharakterystyka priano-aromatychnykh roslyn v umovakh introduksii na Polissia Ukrainy. [Biochemical characteristics of spicy-aromatic plants under the conditions of introduction in the Polissia of Ukraine]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*. Meref. 2003, v. 48, pp. 304–309 (in Ukrainian).
11. Korniyenko, S. I., Khareba, V. V., Khareba, O. V. ta in. (2015). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannya netradytsiinykh ovochevykh kultur: navch. pos. [Features of the technology of growing non-traditional vegetable kultur]: educational manual. Vinnytsia: Nilan. 2015, p. 133 (in Ukrainian).
12. Lavrenova, H. V., Lavrenov, V. K., Lavrenov, YU. V. (2001). Spetsii i prianooshchi. [Spices and condiments]. Donetsk: Stalker. 2001, p. 368 (in Ukrainian).
13. Latiuk, H. I., Popova, L. M., Tykhonov, P. S. ta in. (2010). Dovidnyk ovochivnyka Stepu Ukrainy. [Handbook of vegetable growers of the Steppe of Ukraine]. Odesa: VMV. 2010, p. 472 (in Ukrainian).
14. Moon, K. M., Bin Kwon, E., Lee, B. & Kim, C. Y. (2020). Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*. 2020. 25:2754. doi: 10.3390/molecules25122754
15. Nechytailo, V. A., Badanina, V. A., Hryshchenko, V. V. (2005). Kulturni roslyny Ukrainy. [Cultural plants of Ukraine]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. 2005, p. 351 (in Ukrainian).
16. Nicoletti, R. Raimo, F., Miccio, G. (2004). First report of *Rhizoctoniasolani* on *Diplotaxis tenuifolia* in Italy. *Plant pathology*. 2004, v. 53, p. 811.
17. Noor, R. S., Wang, Z., Umair, M. and others (2021). Long-term application effects of organic and chemical fertilizers on soil health and productivity of taramira (*Eruca Sativa* L.) under rainfed conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 2021, v. 30(4), pp. 970–987. DOI:10.36899/JAPS.2020.4.0113
18. Nurzynska-Wierdak, R. (2001). Yielding of garden rocket (*Eruca sativa*) in dependens on differentialied nitrogen fertilization. *Vegetable crops research bull.* Skierniewice. 2001, v. 54(2), pp. 71–75.
19. Nurzynska-Wierdak, R. (2006). The effect of nitrogen fertilization on yield and chemical composition of garden rocket (*Eruca Sativa* Mill.) in autumn cultivation. *Acta Scientiarum, Polonorum Hortorum Cultus*. 2006, v. 5(1), pp. 53–63.
20. Nurzynska-Wierdak, R. (2009). Growth and yield of garden rocket (*Eruca sativa*. Mill.) affected by nitrogen and potassium fertilization. *Acta Scientiarum, Polonorum Hortorum Cultus*. 2009, v. 8(4), pp. 23–33.
21. Yeshchenko, V. O. ta in. (2018). Osnovy naukovykh doslidzhen vahronomii [Basics of scientific research in agronomy]: educational manual. Za red. V. O. Yeshchenka. Vinnytsia: FOP Rohalska O. I. 2018, p. 208 (in Ukrainian).

**В. В. Яценко**

доктор філософії,
старший викладач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: slaviksklav16@gmail.com

МОДЕЛЬ СОРТУ ЧАСНИКУ, РОЗРОБЛЕНА НА ОСНОВІ КОЛЕКЦІЇ ГЕНОТИПІВ УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА

Мета. Розробити модель сорту часнику озимого стрілкуючого, нестрілкуючого та ярого за господарсько-цінними ознаками, що фокусуються на продуктивності, адаптивності та технологічності та сприятиме підвищенню продуктивності культури та ефективності селекційного процесу. **Методи.** Розробка моделі сорту часнику ґрунтувалася на польових дослідженнях проведених у 2018–2022 рр. в навчально-виробничому відділі УНУС. Для досліджень використано польовий і статистичний (кореляційний і регресійний) методи. У **результаті** досліджень опрацьовано базову колекцію з 98 зразків, з яких за допомогою ВОС ідентифіковано 58. Згідно результатів експертизи ідентифіковані зразки відповідали умові відмінності, однорідності і стабільності, а решта 40 – не відповідали цим вимогам. За результатами кореляційного аналізу встановлено дуже сильний зв'язок між врожайністю й адаптивністю ($r = 0,99 \pm 0,001$ для озимого стрілкуючого і нестрілкуючого та ярого підвиду), сильний зв'язок між врожайністю і масою цибулини ($r = 0,84 \pm 0,006$ для озимого стрілкуючого, $0,91 \pm 0,003$ для озимого нестрілкуючого, $0,85 \pm 0,006$ для ярого підвиду), врожайністю і періодом вегетації ($r = 0,83 \pm 0,007$ для озимого стрілкуючого, $0,78 \pm 0,003$ для озимого нестрілкуючого, $0,70 \pm 0,005$ для ярого підвиду). Встановлено, що при розробці моделі сорту *Allium sativum L. subsp. Sagittatum*, селекційна робота повинна бути направлена на скоростиглість, тобто робити добір середньо- і скоростиглих зразків (з періодом вегетації до 115 діб) та врожайністю $\leq 14,03$ т/га і більше. Для створення сорту часнику озимого нестрілкуючого (*Allium sativum L. subsp. Vulgare*) потрібно робити добір ранньостиглих зразків (з періодом вегетації до 95 діб) і врожайністю не нижче 14,52 т/га. У селекції часнику ярого (*Allium sativum L. subsp. Vulgare*) треба добирати скоростиглі зразки (з періодом вегетації до 100 діб) і врожайністю не нижче $\leq 6,04$ т/га. У всіх підвидів часнику також обов'язковими параметрами є підвищений вміст сухої речовини і ефірної олії, що сприятиме їх лежкості. **Висновки.** Серед досліджуваних зразків базової колекції виділено генотипи з покращеними показниками продуктивності і якості, а саме: сорти Джованна, Аполлон – придатні для широкого впровадження та перспективні зразки для подальшої селекції: A.s.25/16; A.s.40/16; A.s.16/16; A.s.44/17; A.s.33/16; A.s.35/16; A.s.43/17; A.s.44/17; A.s.51/17; A.s.52/17; A.s.54/17; A.s.55/17; A.s.56/17.

Ключові слова: товарна врожайність, маса цибулини, вміст ефірної олії, лежкість.

V. V. Yatsenko

Doctor of Philosophy,
Senior Lecturer at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: slaviksklav16@gmail.com

GARLIC VARIETY MODEL DEVELOPED ON THE BASIS GENOTYPE COLLECTION OF THE UMAN NATIONAL UNIVERSITY OF HORTICULTURE

Purpose. To develop a model of a hardneck, softneck and spring garlic variety based on economic and valuable traits that focus on productivity, adaptability and manufacturability, which will contribute to increasing the productivity of the crop and the efficiency of the breeding process. **Methods.** The development of the garlic variety model was based on field research conducted in 2018–2022 in the educational and production department of the Uman National University of Horticulture. Field and statistical (correlation and regression) methods were used for research. As a **result** of research, a basic collection of 98 samples was developed, of which 58 were identified with the help of AHS. According to the results of the examination, the samples met the conditions of distinction, uniformity and stability, the other 40 samples did not meet these requirements. According to the results of the correlation analysis, a very strong relationship between yield and adaptability was found ($r = 0.99 \pm 0.001$ for hardneck, softneck and spring subspecies), a strong relationship between yield and bulb mass ($r = 0.84 \pm 0.006$ for hardneck, 0.91 ± 0.003 for softneck, 0.85 ± 0.006 for spring subspecies), yield and growing season ($r = 0.83 \pm 0.007$ for hardneck, 0.78 ± 0.003 for softneck, 0.70 ± 0.005 for spring subspecies).

It was established that during the development of the *Allium sativum* L. subsp. *Sagittatum*, the selection work should be aimed at precociousness, that is, select medium and precocious samples (with a vegetation period of up to 115 days) and yield of 14.03 t/ha and more. To create a softneck garlic variety (*Allium sativum* L. subsp. *Vulgare*), it is necessary to select early-ripening samples (with a vegetation period of up to 95 days) and yield of at least ≤ 14.52 t/ha. In the selection of spring garlic (*Allium sativum* L. subsp. *Vulgare*) it is necessary to select pre-ripened samples (with a growing season of up to 100 days) and a yield of at least ≤ 6.04 t/ha. All subspecies of garlic also have an increased content of dry matter and essential oil. **Conclusions.** Of the samples of the basic collection, genotypes with improved productivity and quality indicators were selected, namely: varieties Dzhovanna, Apollon – suitable for wide implementation and promising samples for further selection: A.s.25/16; A.s.40/16; A.s.16/16; A.s.44/17; A.s.33/16; A.s.35/16; A.s.43/17; A.s.44/17; A.s.51/17; A.s.52/17; A.s.54/17; A.s.55/17; A.s.56/17.

Key words: commercial yield, bulb weight, essential oil content, storability.

Постановка проблеми. Селекційна робота з культурами, що розмножуються виключно вегетативно, зокрема часник, має свою специфіку. Створення сорту відбувається на основі масового та/або індивідуального добору генотипів. З метою спрощення (скорочення і здешевлення) селекційного процесу і підвищення рівня реалізації продуктивного потенціалу часнику необхідно використовувати модель сорту з конкретними господарсько-цінними показниками і для визначених умов вирощування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фактори зовнішнього середовища відіграють вкрай важливу роль для росту і розвитку рослин. Можливість координувати свій розвиток із зовнішніми впливом є основним у виживанні, що особливо актуально для рослин, оскільки вони ведуть прикріплений спосіб життя. Завдяки цій особливості в еволюції рослин виробилася власна життєва стратегія – збереження високого рівня адаптації завдяки механізмам (програмам) захисту, що реалізуються в онтогенезі [1].

З сортом рослин пов'язані особливості та всі елементи технології сільськогосподарської культури. Оптимізація середовища для вирощування сільськогосподарської культури, так і конкретного сорту здебільшого визначає продуктивність і стійкість екосистем. Rawandoozi Z. зі співавт. [2], вважає, що фактичне створення сорту передбачає не лише його одержання, а й пошук еконіші, де він забезпечить високу і якісну врожайність, а також стабільність, як основне завдання селекції.

Науковці [3], вважають, що практично всі сільськогосподарські рослини характеризуються високою, навіть надмірною потенційною врожайністю. Реальна, господарська врожайність формується з урахуванням величезних втрат під впливом несприятливих умов, ураження хворобами і шкідниками, недосконалості сільськогосподарських машин і технологій [4].

Сорт рослин, на думку Kang, M. S. [5], є компромісом між трьома групами визначальних показників потенціалу: продуктивного, адаптивного і якісного. Адаптивний потенціал формується внаслідок складної взаємодії «генотип– середовище». Ця взаємодія є статистичним феноменом, що виникає через невідповідність генетичних і негенетичних ефектів [6–8]. Wosiąnowski J. зі співавторами [9] зазначає, що у селекції, по суті, селекціонер оцінює норму реакції генотипів на фактори навколишнього середовища. З цієї причини у виробництві у різні роки, і навіть у різних пунктах, сорти можуть відрізнятися рангами за рівнем реалізованої врожайності [10, 11].

Дослідженнями Aboye B. M. та Edo M. [12], встановлено, що порівняно з умовами середовища роль сорту, як окремого фактора у формуванні врожайності сільськогосподарських культур є незначною. Характер кліматичних умов часто не дозволяє генотипам реалізувати свої потенційні можливості за існуючого рівня їх адаптивного потенціалу. Превага факторів навколишнього середовища у визначенні врожайності зумовлює необхідність впровадження у виробництво сортів із підвищеним рівнем їх адаптивності.

Оптимізація селекційного процесу здійснюється за рахунок удосконалення існуючих методичних підходів або розробка нових прийомів селекції – розробкою моделі сорту із заданими параметрами, вдосконалення схеми селекційного процесу і використання селекційної технології, а також використання в селекційному процесі математичної обробки даних [13].

Промислове овочівництво має високі вимоги до конкретних сортів культур. Існує ціла низка вимог, яких слід дотримуватися при проектуванні сорту – гарантований рівень врожайності, пластичність (приспосованість для широкого ареалу екологічних умов) і технологічність. Сорти часнику повинні характеризуватися високою продуктивністю й адаптивністю, зимостійкістю, стійкістю до хвороб, лежкістю, мати високий (для технічних) або низький (для столових) сортів вміст ефірної олії та світле забарвлення покривних лусок для використання в харчовій і переробній промисловостях. Бажано, щоб перераховані вимоги реалізовувалися в комплексі, але створити сорт, який відповідав би всім параметрам, практично неможливо [14].

Сорти часнику – це сорти-клони, які є потомством однієї вегетативно розмножуваної рослини. Одержана індивідуальним клоновим добром і розмножена вегетативним способом рослина дає сорт з високою вирівняністю за генетичними і морфологічними ознаками та господарськими і біологічними властивостями. Сорти-клони можуть змінюватися лише внаслідок мутагенезу (соматичні, або брунькові, мутації), що на природному фоні є дуже рідкісними – 1 на 1 млн [15].

У розробці моделі сорту потрібно обмежитися морфологічними ознаками, не надаючи особливої уваги інтенсивності фотосинтезу, пересуванню асимілянтів до продуктивних органів. Кожен селекціонер будує свою власну модель сорту, що враховує особливості фенотипу, його генетичну структуру, агроєкологічні особливості регіону районування [16].

Модель сорту – необхідна умова для сучасної селекційної програми, що враховує не лише бажані ознаки майбутнього генотипу, але й фактори навколишнього середовища, лімітуючі врожайність і якість продукції.

Мета статті. Реалізація потенціалу врожайності сорту часнику шляхом проектування моделі з комплексом ознак та їх діапазоном у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах для підвищення ефективності, скорочення тривалості та зменшення вартості селекційного процесу.

Методика дослідження. Використовуючи методи кореляційного аналізу і множинної регресії, розробляли модель сорту, яку створювали за використання ознак, що мають зв'язок з урожайністю і якістю. Для параметрів моделі сорту використовували середні значення ознак і параметрів продуктивності сортів і перспективних сортозразків часнику озимого стрілкового (*Allium sativum* L. *subsp. Sagittatum*), а саме – сортів Софіївський, Прометей, Любаша, Хандо, Харківський фіолетовий, Джованна, Аполлон та перспективних зразків А.с.25/16 і А.с.40/16.

Для моделі сорту *Allium sativum* L. *subsp. Vulgare* (озимий) використовували значення ознак і параметрів продуктивності

новоствореного сорту Глорія, як прототипу і перспективних сортозразків часнику озимого нестрілкового за номерами А.с.1/16, А.с.16/16, А.с.19/16, А.с.27/16, А.с.33/16, А.с.35/16, А.с.43/17, А.с.44/17.

Для моделі сорту *Allium sativum* L. *subsp. Vulgare* (ярий) використовували значення ознак і параметрів продуктивності новоствореного сорту-дворчуки Глорія (за весняного висаджування), як прототипу і перспективних сортозразків часнику ярого за номерами А.с.33/16, А.с.43/17, А.с.44/17, А.с.51/17, А.с.52/17, А.с.53/17, А.с.54/17, А.с.55/17, А.с.56/17, А.с.57/17.

Основні результати дослідження. При розробці моделі сорту *Allium sativum* L. *subsp. Sagittatum* встановлено, що селекційна робота повинна бути направлена на скоростиглість, тобто робити добір середньо- і скоростиглих зразків (з періодом вегетації до 115 діб), залучати до роботи зразки з товарністю не нижче 96% і врожайністю $\leq 14,03$ т/га, використовувати шестизубкові цибулини з лусками білого або кремового забарвлення, масою не менше 52,74 г. Сухий залишок м'якуша зубка повинен бути не менше 28%, а концентрація ефірної олії

Таблиця 1

Основні параметри перспективної моделі сорту *Allium sativum* L. *subsp. Sagittatum*, придатного до поширення в Україні

Показник	Сорт-прототип Прометей	Модель	Джерело ознаки
Група стиглості	С/115	С/115	Джованна, Аполлон, А.с.40/16
Загальна урожайність, т/га	14,59	$\leq 14,60$	Джованна, Аполлон, А.с.25/16, А.с.40/16
Товарна урожайність, т/га	14,01	$\leq 14,03$	Харківський фіолетовий, Хандо, Джованна, Аполлон, А.с.25/16, А.с.40/16
Товарність, %	96	≤ 96	всі досліджувані сорти/зразки
Маса цибулини, г	53,36	$\leq 52,74$	Джованна, Аполлон, А.с.25/16, А.с.40/16
Забарвлення лусок	коричневе	біле/кремове	Аполлон
Кількість зубків, шт.	5	6	Джованна, Аполлон, А.с.25/16, А.с.40/16
Лежкість, %	63	≤ 65	Софіївський, Джованна, Аполлон, А.с.40/16
Перезимівля, %	100	≤ 99	Джованна, А.с.25/16
Розташування листків	напівпряме		Аполлон, А.с.25/16
Кількість листків, шт/роsl.	7	≤ 7	Джованна, Аполлон, Хандо
Довжина листка, см	55	≤ 50	Джованна, А.с.40/16
Ширина листка, см	2,5	$\leq 2,6$	Аполлон
Висота квітконосної стрілки, см	80	≥ 80	А.с.25/16, А.с.40/16
Кількість цибулинок у суцвітті, шт.	65	≥ 50	Джованна, № 40
Маса 1000 шт. цибулинок	120–140	≤ 150	Джованна, А.с.40/16
Форма повітряних бульбочок	куляста	куляста	Джованна, Хандо, А.с.25/16, А.с.40/16
Урожайність повітряних цибулинок, т/га	2,8	$\leq 3,0$	Джованна, А.с.25/16, А.с.40/16
Вміст сухої речовини, %	28	≤ 28	Софіївський, Харківський фіолетовий
Вміст ефірної олії, мг/100 г	0,54	$\leq 0,68$	Хандо, Аполлон, А.с.40/16
Енергетична цінність, ккал/100 г	131,84	$\leq 113,66$	Софіївський, Хандо, Аполлон, А.с.25/16, А.с.40/16
Стійкість проти збудників хвороб, бал (1–9): – бактеріальна гниль (<i>Erwinia carotovora</i> (Jon.) Holl.)	8	≤ 8	Софіївський, А.с.40/16

Основні параметри перспективної моделі сорту *Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (озимий), придатного до поширення в Україні

Показник	Сорт-прототип Глорія	Модель	Джерело ознаки
Група стиглості, діб	C/102	P/95	A.s.1/16
Загальна урожайність, т/га	14,82	≤15,10	A.s.16/16, A.s.44/17
Товарна урожайність, т/га	14,68	≤14,52	A.s.16/16, A.s.44/17
Товарність, %	99,0	≤96,8	–
Маса цибулини, г	38,15	≤41,76	A.s.16/16, A.s.19/16, A.s.44/17
Забарвлення покривних лусок	біле	біле	A.s.33/16, A.s.35/16
Кількість зубків у цибулині, шт.	13	≥17	A.s.19/16, A.s.35/16, A.s.43/17, A.s.44/17
з яких великі	5	≤7	A.s.16/16, A.s.43/17
Середня маса зубка, г	3,07	≤2,58	A.s.16/16, A.s.33/16, A.s.44/17
Лежкість у неконтрольованих умовах, %	81,6	≤83,8	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17
Перезимівля, %	98	≤96	A.s.19/16, A.s.33/16
Розташування листків у просторі	еректоїдне		всі досліджувані зразки
Кількість листків, шт./роsl.	10	≤9	A.s.44/17, A.s.1/16, A.s.16/16, A.s.19/16
Довжина листка, см	45	≤43	A.s.16/16
Ширина листка, см	2,5	≤2,5	всі досліджувані зразки
Прояв редукованої стрілки, см	4	0	A.s.19/16, A.s.44/17
Вміст сухої речовини, %	28	≤28	A.s.27/16, A.s.33/16, A.s.43/17
Вміст ефірної олії, мг/100 г	0,26	≤0,43	A.s.33/16, A.s.35/16, A.s.43/17, A.s.44/17
Енергетична цінність, ккал/100 г	135,69	≤126,03	A.s.27/16, A.s.43/17
Стойкість проти збудників хвороб, бал (1–9):			A.s.1/16, A.s.19/16, A.s.33/16, A.s.35/16, A.s.44/17
– бактеріальна гниль (<i>Erwinia carotovora</i> (Jon.) Holl.)	7	7	

не менше 0,68 мг/100 г. Перспективні зразки повинні характеризуватися середньою лежкістю в неконтрольованих умовах – 64% за 270 діб, мати велику частку перезимованих рослин – 99%. Перспективні зразки повинні мати 7 довгих (50 см) листків з помірною шириною (2,6 см) і напівпрямим розташуванням. Для високої продуктивності повітряних цибулинок рослини перспективних зразків повинні характеризуватися вкороченою квітконосною стрілкою (до 80 см) на якій у суцвітті нараховується ≈50 цибулинок кулястої форми з масою 1000 шт. – ≤150 г. Урожайність повітряних цибулинок має становити ≤3,0 т/га. Залучені до селекційної роботи зразки і сорти повинні характеризуватися високою стійкістю до бактеріальної гнилі (*Erwinia carotovora* (Jon.) Holl.) – 8 балів, адаптивною здатністю і широкою пластичністю до екологічних умов (табл. 1). Результатами кореляційного аналізу встановлено, що врожайність (Y) має різної сили кореляційну залежність від господарсько-цінних (1–17) ознак, що наведено в математичній моделі.

$$Y_{x_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}} = 0,99x_1 + 0,84x_2 + 0,83x_3 + 0,74x_4 + 0,34x_5 + 0,32x_6 + 0,26x_7 + 0,20x_8 + 0,19x_9 + 0,18x_{10} + 0,14x_{11} + 0,14x_{12} + 0,13x_{13} + 0,10x_{14} + 0,07x_{15} + 0,04x_{16} + 0,01x_{17}$$

Математична модель сорту *Allium sativum* L. subsp. *Sagittatum*, побудована на основі кореляційних зв'язків господарсько-цінних ознак з врожайністю

де x_1 – адаптивність; x_2 – маса цибулини, г; x_3 – період вегетації; x_4 – вміст сухої речовини; x_5 – висота квітконосної стрілки; x_6 – пластичність; x_7 – кількість бульбочок; x_8 – маса 1000 шт. бульбочок; x_9 – кількість листків; x_{10} – стійкість до хвороб; x_{11} – урожайність бульбочок; x_{12} – перезимівля; x_{13} – довжина листка; x_{14} – вміст ефірної олії; x_{15} – кількість зубків; x_{16} – ширина листка; x_{17} – товарність.

При розробці моделі сорту часнику озимого нестрількуючого (*Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (озимий)) встановлено, що селекційна робота повинна бути направлена також на скоростиглість, тобто робити добір ранньостиглих зразків (з періодом вегетації до 95 діб), що ґрунтується на кліматичних умовах Лісостепу оскільки, нестрількуючі озимі сорти не витримують липневих опадів, відбувається інтенсивний розвиток целюлозоруйнівних бактерій і неконтрольоване поширення гнилей (табл. 2).

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що врожайність (Y) має різної сили кореляційну залежність від господарсько-цінних ознак (1–13), що наведено в математичній моделі.

$$Y_{x_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13}} = 0,99x_1 + 0,91x_2 + 0,78x_3 + 0,39x_4 + 0,35x_5 + 0,31x_6 + 0,25x_7 + 0,24x_8 + 0,19x_9 + 0,12x_{10} + 0,10x_{11} + 0,07x_{12} + 0,02x_{13}$$

Математична модель сорту *Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (озимий), побудована на основі кореляційних зв'язків господарсько-цінних ознак з врожайністю

де x_1 – адаптивність; x_2 – маса цибулини, г; x_3 – період вегетації; x_4 – довжина листка; x_5 – вміст ефірної олії; x_6 – товарність; x_7 – перезимівля; x_8 – ширина листка; x_9 – кількість листків; x_{10} – пластичність; x_{11} – вміст сухої речовини; x_{12} – стійкість до хвороб; x_{13} – кількість зубків.

За результатами досліджень встановлено, що при створенні сортів слід залучати до роботи зразки з товарністю не нижче 97% й врожайністю $\leq 14,52$ т/га. Цибулина, масою $\leq 41,76$ г повинна мати луски білого забарвлення, яка складається не більше, як 17 зубків, з яких сім великі, з покривними лусками білого забарвлення. Сухий залишок м'якуша зубка повинен бути не менше 28%, а концентрація ефірної олії не менше 0,43 мг/100 г. Перспективні зразки повинні характеризуватися підвищеною лежкістю в неконтрольованих умовах – 84% за 270 діб, мати велику частку перезимованих рослин – 96%. Перспективні зразки повинні мати дев'ять листків середньої довжини (43 см) з помірною шириною (2,5 см) з еректоїдним розташуванням. Залучені до селекційної роботи зразки і сорти повинні характеризуватися середньою (бажано високою) стійкістю до бактеріальної гнилі (*Erwinia carotovora* (Jon.) Holl.) – 7 балів, адаптивною здатністю і широкою пластичністю до екологічних умов

При розробці моделі сорту часнику ярого (*Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (ярий)

встановлено, що селекційна робота повинна бути направлена на скоростиглість – добір середньо-стиглих зразків (з періодом вегетації до 100 діб). При створенні сортів до роботи залучати зразки з товарністю не нижче 97% й врожайністю 6,04 т/га. Цибулина масою $\leq 24,15$ г повинна мати луски білого забарвлення, яка має складатися не більше, як 13 зубків, з яких не менше трьох великі, з покривними лусками білого забарвлення. Сухий залишок м'якуша зубка повинен бути не менше 28%, а концентрація ефірної олії не менше 0,29 мг/100 г. (табл. 3).

Результатами кореляційного аналізу встановлено, що врожайність (Y) має різної сили кореляційну залежність від господарсько-цінних ознак (1–11), що наведено в математичній моделі.

$$Y_{x_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}} = 0,99x_1 + 0,85x_2 + 0,70x_3 + 0,64x_4 + 0,35x_5 + 0,23x_6 + 0,18x_7 + 0,13x_8 + 0,09x_9 + 0,05x_{10} + 0,04x_{11}$$

Математична модель сорту *Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (ярий), побудована на основі кореляційних зв'язків господарсько-цінних ознак з врожайністю

де x_1 – адаптивність; x_2 – маса цибулини, г; x_3 – період вегетації; x_4 – вміст сухої речовини; x_5 – довжина листка; x_6 – ширина листка; x_7 – вміст ефірної олії; x_8 – пластичність; x_9 – кількість зубків; x_{10} – товарність; x_{11} – стійкість до хвороб.

Таблиця 3

Основні параметри перспективної моделі сорту *Allium sativum* L. subsp. *Vulgare* (ярий), придатного до поширення в Україні

Показник	Сорт-прототип Глорія	Модель	Джерело ознаки
Група стиглості, діб	П/120	С/100	A.s.33/16
Загальна урожайність, т/га	6,22	$\leq 7,53$	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.52/17, A.s.55/17
Товарна урожайність, т/га	6,04	$\leq 7,22$	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.51/17, A.s.52/17, A.s.54/17, A.s.55/17
Товарність, %	97	≤ 97	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.52/17, A.s.55/17
Маса цибулини, г	21,84	$\leq 24,15$	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.52/17, A.s.55/17
Забарвлення покривних лусок	біле		A.s.33/16, A.s.56/17, A.s.57/17
Кількість зубків у цибуліні, шт.	9	≥ 13	A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.52/17, A.s.53/17, A.s.55/17, A.s.56/17
з яких великі	2	≤ 3	–
Середня маса зубка, г	2,43	$\leq 1,88$	A.s.33/16, A.s.44/17, A.s.51/17, A.s.54/17
Лежкість у неконтрольованих умовах (360 діб), %	96	≤ 98	A.s.51/17, A.s.52/17, A.s.53/17, A.s.54/17, A.s.55/17, A.s.56/17, A.s.57/17
Розташування листків у просторі	еректоїдне		всі досліджувані сорти/зразки
Кількість листків, шт./роsl.	11	≤ 12	A.s.53/17, A.s.56/17, A.s.57/17
Довжина листка, см	45	≤ 43	A.s.52/17, A.s.56/17, A.s.57/17
Ширина листка, см	1,9	$\leq 1,3$	A.s.52/17
Вміст сухої речовини, %	30	≤ 28	A.s.53/7, A.s.57/17
Вміст ефірної олії, мг/100 г	0,22	$\leq 0,29$	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.51/17, A.s.55/17, A.s.57/17
Енергетична цінність, ккал/100 г	118,57	$\leq 130,03$	A.s.33/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.51/17, A.s.55/17, A.s.57/17
Стійкість проти збудників хвороб, бал (1–9):			
– бактеріальна гниль (<i>Erwinia carotovora</i> (Jon.) Holl.)	7	≤ 8	A.s.56/17, A.s.57/17

Встановлено, що перспективні зразки повинні характеризуватися високою лежкістю в неконтрольованих умовах – 98% за майже рік зберігання (360 діб), мати 12 коротких (43 см) і вузьких (до 1,3 см) листків з еректоїдним розташуванням. Залучені до селекційної роботи зразки і сорти повинні характеризуватися високою стійкістю до бактеріальної гнилі (*Erwinia carotovora* (Jon.) Holl.) – 8 балів, адаптивною здатністю і широкою пластичністю до екологічних умов.

Розроблені моделі дозволять селекціонеру ефективно створювати сорти часнику різних підвидів, максимально наближені до «ідеальних».

Висновки. Для умов Лісостепу України, з урахуванням оптимальних параметрів продуктивності часнику запропоновано моделі сортів різних підвидів. Встановлено, що врожайність має дуже сильний кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока з коефіцієнтом адаптивності для всіх підвидів часнику ($r = 0,99$), сильний з масою цибулини ($r = 0,84 \pm 0,006$ – озимий стрілкуючий, $0,91 \pm 0,003$ – озимий нестрілкуючий і $0,85 \pm 0,006$ – ярий підвид), з періодом вегетації ($r = 0,83 \pm 0,007$ – озимий стрілкуючий, $0,78 \pm 0,003$ – озимий нестрілкуючий і $0,70 \pm 0,005$ – ярий підвид).

У результаті проведених досліджень і статистичних обчислень встановлено, що селекція часнику повинна фокусуватися доборі середньо- і скоростиглих зразків з врожайністю $\leq 14,03$ (озимий стрілкуючий) і $\leq 14,52$ т/га (озимий нестрілкуючий) та $\leq 6,04$ т/га і більше у ярого підвиду.

На основі досліджень колекції й розроблених моделей сортів часнику, виділено генотипи з покращеними показниками продуктивності і якості, а саме: новостворені сорти Джованна, Аполлон – придатні для широкого впровадження і подальшого індивідуального клонового добору та перспективні селекційні зразки для A.s.25/16, A.s.40/16, A.s.16/16, A.s.44/17, A.s.33/16, A.s.35/16, A.s.43/17, A.s.44/17, A.s.51/17, A.s.52/17, A.s.54/17, A.s.55/17, A.s.56/17.

Використання розроблених моделей часнику сприятиме підвищенню ефективності селекційного процесу й стабілізації виробництва часнику в Україні.

Література

1. Solanki I., Yadav S.S., Bahl P.N. *Varietal Adaptation, Participatory Breeding and Plant Type*. In: Yadav, S.S., McNeil, D.L., Stevenson, P.C. (eds) *Lentil*. Springer, Dordrecht. 2007. pp 255–274. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_16.
2. Rawandoozi Z., Hartmann T., Byrne D., Carpenedo S. Heritability, Correlation, and Genotype by Environment Interaction of Phenological and Fruit Quality Traits in Peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 2021, 146(1), 56–67, <https://doi.org/10.21273/JASHS04990-20>
3. Demydov O., Zamlila N., Novytska N., Kirilenko V., Miliar B. Assessment of the stability of common winter wheat breeding lines in multi-environment tests.

Scientific Horizons, 2024, 27(7), 62–74. doi: 10.48077/scihor7.2024.62.

4. Osuna-Caballero S., Rispaill N., Barilli E., Rubiales D. Management and breeding for rust resistance in legumes. *J Plant Pathol.*, 2024, <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01679-z>

5. Kang M.S. Breeding: Genotype-by-environment interaction. *Encyclopedia of plant and crop science*, 2004, P. 218–221.

6. Malosetti M. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in physiology*, 2013, 4, P. 44.

7. Bornhofen E. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. *Bragantia*, 2017. 76. P. 1–10.

8. Osei M. K., Annor B., Adjebeng-Danquah J. Genotype \times Environment interaction: a prerequisite for tomato variety development. *Recent Advances in Tomato Breeding and Production. – Intech Open*, 2018. 112.

9. Bocianowski J., Nowosad K., Rejek D. Genotype-environment interaction for grain yield in maize (*Zea mays* L.) using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *J Appl Genetics*, 2024, <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00899-4>.

10. Williams R.M., O'Brien L., Eagles H.A. The influences of genotype, environment, and genotype \times environment interaction on wheat quality. *Australian journal of agricultural research*, 2008, V. 59(2), 95–111.

11. Snowdon R.J., Wittkop B., Chen T.W., Stahl A. Crop adaptation to climate change as a consequence of long-term breeding. *Theor Appl Genet*, 2021, 134, 1613–1623. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03729-3>.

12. Aboye, B.M., Edo, M. Exploring genotype by environment interaction in sunflower using genotype plus genotype by environment interaction (GGE) and best linear unbiased prediction (BLUP) approaches. *Discov Appl Sci.*, 2024, 6, 431. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06136-1>.

13. Васильківський С.П. Кочмарський С.В. Селекція і насінництво польових культур: Підручник. ПрАТ «Миронівська друкарня», Миронівка, 2016. 376 с.

14. Яценко В. В. Адаптивна мінливість часнику озимого і біологізація технології вирощування: монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2021. 179 с.

15. Яценко В.В. Господарсько-біологічне оцінювання сортозразків часнику озимого. Таврійський науковий вісник. Вип. 106, 2019. С. 163–172.

16. Jeuffroy M.H., Casadebaig P., Debaeke, P., Chantal L., Meynard J.M. Agronomic model uses to predict cultivar performance in various environments and cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 2013, 34, 121–137. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0170-9>.

References

1. Solanki, I., Yadav, S.S., Bahl P.N. (2007). *Varietal Adaptation, Participatory Breeding and Plant Type*. In: Yadav, S.S., McNeil, D.L.,

Stevenson, P.C. (eds) Lentil. Springer, Dordrecht, pp255–274. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_16.

2. Rawandoozi, Z., Hartmann, T., Byrne, D., & Carpenedo, S. (2021). Heritability, Correlation, and Genotype by Environment Interaction of Phenological and Fruit Quality Traits in Peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 146(1): 56–67. <https://doi.org/10.21273/JASHS04990-20>

3. Demydov, O., Zamlila, N., Novytska, N., Kirilenko, V., & Miliar, B. (2024). Assessment of the stability of common winter wheat breeding lines in multi-environment tests. *Scientific Horizons*, 27(7): 62–74. doi: 10.48077/scihor7.2024.62.

4. Osuna-Caballero, S., Rispail, N., Barilli, E., Rubiales D. (2024). Management and breeding for rust resistance in legumes. *J Plant Pathol.* <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01679-z>

5. Kang, M.S. (2004). Breeding: Genotype-by-environment interaction. *Encyclopedia of plant and crop science*. P. 218–221.

6. Malosetti M. (2013). The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in physiology*, 4. P. 44.

7. Bornhofen E. (2017). Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. *Bragantia*, 76: 1–10.

8. Osei M. K., Annor B., Adjebeng-Danquah J. (2018). Genotype × Environment interaction: a prerequisite for tomato variety development. *Recent Advances in Tomato Breeding and Production*. – *Intech Open*. 112.

9. Bocianowski, J., Nowosad, K. & Rejek, D. (2024). Genotype-environment interaction for grain yield in maize (*Zea mays* L.) using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) model. *J Appl Genetics*. <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00899-4>.

10. Williams, R.M., O'Brien, L., Eagles, H.A. (2008). The influences of genotype, environment, and genotype × environment interaction on wheat quality. *Australian journal of agricultural research*. 59(2): 95–111.

11. Snowdon, R.J., Wittkop, B., Chen, TW., Stahl, A. (2021). Crop adaptation to climate change as a consequence of long-term breeding. *Theor Appl Genet* 134: 1613–1623. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03729-3>.

12. Aboye, B.M., Edo, M. (2024). Exploring genotype by environment interaction in sunflower using genotype plus genotype by environment interaction (GGE) and best linear unbiased prediction (BLUP) approaches. *Discov Appl Sci* 6, 431. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06136-1>.

13. Vasylykivskiy S.P. Kochmarskyi S.V. (2016). *Selektsiia i nasynnytstvo polovykh kultur: Pidruchnyk. [Breeding and seed production of field crops: Textbook]*. Private enterprise « Myronivska drukarnia». Myronivka, 376 p. [in Ukrainian].

14. Yatsenko V. V. (2021). *Adaptyvna minlyvist chasnyku ozymoho i biolohizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia: monohrafiia. [Adaptive variability of winter garlic and biologization of growing technology: monograph]*. Dnipro: Seredniak T.K. 179 p. [in Ukrainian].

15. Yatsenko V.V. (2019). Hospodarsko-biolohichne otsiniuvannia sortozrazkiv chasnyku ozymoho. [Economic and biological assessment of winter garlic varieties]. *Tavriiskiy naukovyi visnyk – Taurian scientific bulletin: Scientific journal.*, 106: 163–172 [in Ukrainian].

16. Jeuffroy, MH., Casadebaig, P., Debaeke, P. et al. Agronomic model uses to predict cultivar performance in various environments and cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34: 121–137 (2014). <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0170-9>.

**Н. В. Яценко**

доктор сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vorob2807@gmail.com

В. В. Яценко

доктор філософії,
старший викладач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: slaviksklavin16@gmail.com

**В. В. Фещенко**

кандидат сільськогосподарських наук,
директор,
Приватне підприємство «Поділля-Агрохімсервіс»
(м. Умань, Україна)
E-mail: Feschenkov73@ ukr.net

О. П. Чубко

кандидат сільськогосподарських наук,
заступник директора,
Товариство з обмеженою відповідальністю
«Агротехносоюз» (м. Київ, Україна)
E-mail: Docentne@ukr.net

**В. І. Невлад**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: unus_agrochem@ukr.net

В. В. Остапчук

аспірант,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: vasy10304@icloud.com



АДАПТИВНА МІНЛИВІСТЬ ГІБРИДІВ ПОМІДОРА У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Метою передбачалося дослідити прояв адаптивної мінливості гібридів помідора в умовах Лісостепу України. Упродовж 2013–2023 рр. у польових умовах (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) досліджено шість раніше поширених, а нині перспективних гібридів помідора в зоні Лісостепу Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁. Аналіз одержаних даних проведено загальноприйнятими методами польових і статистичних досліджень. Під час проведення досліджень вивчено кількість квіток, ступінь їх зав'язування і відповідно кількість плодів на рослині, середню масу товарного плоду, динаміку формування врожаю та параметри адаптивності за вище вказаними ознаками. У результаті одержаних даних визначено перспективні гібриди з метою отримання високого врожаю для споживання в свіжому вигляді та дешевої сировини для переробної промисловості у Лісостепу України. Виявлено, що даній кліматичній зоні найкраще відповідають гібриди Силует F₁, Bostina F₁ і Brightina F₁ з середньою врожайністю 49,7, 48,9 і 49,8 т/га відповідно до гібриду та великою масою плоду – 97–114 г. У результаті досліджень процесів карпогенезу виявлено, що чим менша кількість квіток утворюється – тим більша ступінь їх зав'язування й середня маса плоду. Найбільша частка зав'язування плодів відзначено в гібриду Bostina F₁ – 89%, в інших – 72–82%. Вивчення ступеня варіювання ознак показало середню варіацію кількості квіток, CV = 14% та слабку кількість плодів, CV = 8%. Проведені дослідження засвідчили, що плоди помідора з найбільшою масою (від 107 до 128 г) утворювалися у 2013, 2014, 2021 і 2023 рр. – з оптимальним зволоженням, а мінімальної маси плоди – у 2015, 2016, 2019 і 2022 рр. – 74–82 г. У середньому істотно більшу масу плоду від стандарту формували гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁, також відзначено два гібриди, які утворювали стабільно великі за масою плоди – Силует F₁ і Bostina F₁. У середньому за період досліджень всі дослідні варіанти достовірно переважали стандарт. Генетико-статистичний аналіз ознаки «урожайність» показав, що гібриди Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ і Brightina F₁ були стабільними, а гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁ адаптивними. Виявлено низьке співвідношення генетичної й екологічної варіації ознак CVG/CVA = 0,36–0,37, що вказує на те, що біологічний потенціал гібридів помідора реалізується неповністю.

Ключові слова: стабільність, пластичність, екологічна варіація, генетична варіація, врожайність, маса плоду.

N. V. Yatsenko

Doctor of Agriculture, Associate Professor,
Head of the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vorob2807@gmail.com

V. V. Yatsenko

PhD in Agriculture,
Senior Lecturer at the Department of Crop Production,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: slaviksklavina16@gmail.com

V. V. Feshchenko

PhD in Agriculture,
Director,
Podillia-Agrokhimservis Private Enterprise (Uman, Ukraine)
E-mail: Feshchenkov73@ukr.net

O. P. Chubko

PhD in Agriculture,
Deputy Director,
Agrotechnosoiuz Limited Liability Company (Kyiv, Ukraine)
E-mail: Docentne@ukr.net

V. I. Nevlad

PhD in Agriculture, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: unus_agrochem@ukr.net

V. V. Ostapchuk

PhD student,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: vasy0304@icloud.com

ADAPTIVE VARIABILITY OF TOMATO HYBRIDS IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

The purpose was to investigate the manifestation of adaptive variability of tomato hybrids in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. During 2013–2023, six previously common and now promising tomato hybrids were studied in the field (Uman, 48°46'N, 30°14'E) in the forest-steppe zone Knyazhych F₁ (st)*, Silhouette F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Merlis F₁, Brightina F₁. The analysis of the obtained data was carried out by generally accepted methods of field and statistical research. During the research, the number of flowers, the degree of their setting and, accordingly, the number of fruits per plant, the average weight of marketable fruit, the dynamics of crop formation over the decade and the parameters of adaptability according to the above-mentioned characteristics were studied. As a result of the obtained data, promising hybrids were determined, with the aim of obtaining a high yield for fresh consumption and cheap raw materials for the processing industry in the Forest Steppe of Ukraine. It was found that the Silhouette F₁, Bostina F₁ and Brightina F₁ hybrids are best suited to this climatic zone with

an average yield of 49.7, 48.9 and 49.8 t/ha, respectively, and a large fruit weight of 97–114 g. As a result of research of carpogenesis processes, it was found that the smaller the number of flowers formed, the greater the degree of their binding and the average weight of the fruit. The highest percentage of fruit set was noted in the Bostina F_1 hybrid – 89%, in others – 72–82%. The study of the degree of variation of traits showed an average variation in the number of flowers, $CV = 14\%$ and a weak number of fruits, $CV = 8\%$. The conducted studies proved that tomato fruits with the largest mass (from 107 to 128 g) were formed in 2013, 2014, 2021 and 2023 – optimal precipitation, and fruits with the minimum mass – in 2015, 2016, 2019 and 2022 – 74–82 g. The hybrids Silhouette F_1 , Bostina F_1 , and Brightina F_1 had a significantly larger fruit weight on average, and two hybrids that produced consistently large fruits – Silhouette F_1 and Bostina F_1 – were noted. On average, over the period of research, all experimental variants reliably outperformed the standard. Genetic-statistical analysis of the trait "yield" showed that hybrids Silhouette F_1 , Emrero F_1 , Bostina F_1 , and Brightina F_1 were stable, and hybrids Silhouette F_1 , Bostina F_1 , Merlis F_1 , Brightina F_1 were adaptive. A low ratio of genetic and environmental variation of traits $CVG/CVA = 0.36-0.37$ was revealed, which indicates that the biological potential of tomato hybrids is not fully realized.

Key words: stability, plasticity, ecological variation, genetic variation, productivity, fruit weight.

Постановка проблеми. Отримання стабільно високих урожаїв помідорів на продовольчі цілі та для переробки може бути досягнуто впровадженням високопродуктивних гібридів помідора з вивченням рівня реалізації біологічного потенціалу, закладеного селекцією.

Щорічно провідні українські й зарубіжні селекційні фірми, центри й приватні селекціонери «викидають» на ринок виробництва низку нових гібридів помідора з різними господарськими характеристиками (стійкість, урожайність, технологічність і т. п.) «життя» яких становить 5–10 років. У великій кількості нових гібридів важливо вибрати ті, які забезпечать найбільшу рентабельність культури. Тому виникла потреба у вивченні рівня реалізації біологічного потенціалу гібридів помідора за безрозсадної технології у динамічних умовах клімату Лісостепу України для споживання у свіжому вигляді й забезпечення переробної промисловості якомога дешевою сировиною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Нині в глобальному масштабі існує дві основні проблеми – це непропорційне зростання населення, яке потребує більше продуктів харчування й глобальне потепління, яке в одних регіонах сприяє розвитку, а інших – занепаду (що переважає) сільського господарства, яке і повинно забезпечити зростаюче населення сировиною. Прогнози FAO вказують на те, що населення світу зросте на 24% з 7,8 мільярдів до 9,7 мільярдів до 2050 року [1]. Глобальне потепління посилюється [5], і більш високі температури поступово обмежують сільськогосподарське виробництво, особливо в континентальних умовах клімату [3, 4]. Про зниження врожайності томатів на 28% за високих температур повідомлялося в Австралії [5]. Нині є гостра необхідність удосконалення технології вирощування помідорів добром адаптивних генотипів, які будуть високопродуктивними й стабільними у динамічних умовах клімату [6, 7].

Помідор є однією з найпоширеніших і найбільш вживаних людиною овочевою культурою майже в усьому світі, що належить до родини Пасльонових [8, 9]. В основному його використовують для приготування рагу і супів. Урожай томатів має високу поживну цінність і найкраще джерело вітамінів В, С і А, а також смак і універсальне використання [10, 11]. На якість і врожайність плодів помідора значно впливають різні фактори – температур, клімат, хвороби,

комахи і шкідники, тощо [12]. Помідори вирощуються в усьому світі на площі 4,672 млн га і дають виробництво 164,49 млн т, а в Україні вони вирощуються на площі 93 тис. га, що складає 24% від загальної площі під овочами і дають виробництво 1,257 млн т [13]. Зона Лісостепу є сприятливою за комплексом ґрунтово-кліматичних умов для вирощування помідору, але, на жаль, фермери стикаються з багатьма проблемами у виробництві плодів найвищої якості, в першу чергу це пов'язано з недостатньою кількістю розробок технології вирощування, де генотип має ключову роль [14].

Мета статті. Дослідити адаптивно-продуктивний потенціал поширених в Україні, так званих трансконтинентальних гібридів помідора.

Методика дослідження. Експериментальні дослідження здійснювали у 2013–2017 рр. на дослідному полі Уманського НУС (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E).

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом товщиною 40–45 см та вмістом гумусу 1,5%; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв/100 г, насиченість ґрунту основами 90–95%, показник суми ввібраних основ – 24,6 мг.екв/100 г.

З даних таблиці 1 видно, що найбільш вологозабезпеченими і характеризувалися оптимальним температурним режимом періоди вегетації були у 2013, 2014, 2015, 2016 і 2021 рр. За даними метеостанції «Умань», ці роки характеризувалися й рівномірністю розподілу опадів за місяцями, що сприяло формуванню високого рівня врожаю.

У дослідженнях було проведено вивчення адаптивної здатності гібридів помідора за наступною схемою: Княжич F_1 (st)*, Силует F_1 , Emrero F_1 , Bostina F_1 , Мерліс F_1 , Brightina F_1 . Розміщення варіантів у досліді системне. Для проведення біометричних вимірювань використовували по 50 маркерних рослин. Площа облікової ділянки 20 м², схема розміщення рослин 70×35 см (40,8 тис. росл/га). Під час проведення досліджень використано загальноприйняті методики [15].

Генетико-статистична обробка результатів. Більшість методів оцінювання адаптивної здатності ґрунтуються на використанні регресійного аналізу, математична модель якого для визначення стабільності та пластичності сортів була розроблена [16] й доповнена [17]. Для систематизації отриманих результатів використано

ранжування сортів за співвідношенням параметрів пластичності (bi) і стабільності σ^2d :

- 1) $bi < 1, \sigma^2d > 0$ – показує кращий результат за несприятливих умов, нестабільний;
- 2) $bi < 1, \sigma^2d = 0$ – показує кращий результат за несприятливих умов, стабільний;
- 3) $bi = 1, \sigma^2d = 0$ – добре реагує на поліпшення умов, стабільний;
- 4) $bi = 1, \sigma^2d > 0$ – добре реагує на поліпшення умов, нестабільний;
- 5) $bi > 1, \sigma^2d = 0$ – показує кращий результат за сприятливих умов, стабільний;
- 6) $bi > 1, \sigma^2d > 0$ – показує кращий результат за сприятливих умов.

При цьому сорт за показником $bi > 1$ відноситься до групи високопластичних (відносно середньої групової), а за рівня $1 > bi = 0$ – до умовно низькопластичних. Коефіцієнт стабільності – σ^2d , чим він менший, тим стабільнішим є генотип.

Параметр гомеостатичності генотипу (H_{om}) визначався за формулою

$$H_{om} = \frac{\bar{x}^2}{\sigma^2}, \quad (1)$$

де \bar{x} – середнє арифметичне по генотипу; σ – усереднене середьоквадратичне відхилення.

Показник селекційної цінності генотипу розраховувався за формулою

$$(S_c) = \bar{X} \cdot \frac{\bar{X}_{lim}}{\bar{X}_{opt}}, \quad (2)$$

де \bar{X} – середнє арифметичне по генотипу; \bar{X}_{lim} – середнє арифметичне лімітоване (мінімальне значення ознаки); \bar{X}_{opt} середнє арифметичне оптимальне (максимальне значення ознаки).

Для уникнення лінійного артефакту коефіцієнту регресії, було визначено коефіцієнт мультиплікативності (КМ), для порівняння мінливості ознаки. Чим вище числове значення коефіцієнту, тим мінливішою є ознака

$$KM = \frac{\bar{X}_i + bi \cdot y_i}{x_i}, \quad (3)$$

де \bar{X}_i – середнє значення досліджуваної ознаки у i -го генотипу; bi – коефіцієнт регресії i -го

генотипу; y_i – усереднене значення для всіх середніх по всіх генотипах y_i для кожного j -го пункту (року) експерименту.

Індекс екологічної пластичності розраховували за такою формулою:

$$IEП = \frac{\left(\frac{y_{B1}}{cyO1} + \frac{y_{B2}}{cyO2} + \dots + \frac{y_{Bn}}{cyOn}\right)}{n}, \quad (4)$$

де y_{B1}, y_{B2}, y_{Bn} – значення ознаки у генотипу в різні роки випробувань; $cyO1, cyO2, cyOn$ – середнє значення ознаки генотипів у кожному з варіантів досліді.

Абсолютний коефіцієнт адаптивності (КАА) генотипів визначали за формулою

$$КАА = \frac{(Xic) \times 100 \times X6}{100}, \quad (5)$$

де Xic – середня врожайність сорту за роки випробувань; $X6$ – багаторічна середньосортова врожайність.

Стресостійкість та компенсаторна здатність сортів розрахована за рівняннями [18]:

$$CC = Y_{min} - Y_{max}; \quad (6)$$

$$КЗ = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}, \quad (7)$$

де Y_{min} та Y_{max} – мінімальне і максимальне значення ознаки сорту.

Статистичну обробку отриманих результатів проведено з розрахунком середнього арифметичного (x) стандартного відхилення (SD), за допомогою Microsoft Excel 2019. Кореляційні залежності розраховано за допомогою програми Statistica 12.

У досліді було визначено фенотипову, генотипову і екологічну мінливість гібридів [19, 20] за формулами (8–13).

Варіанса генетична:

$$\sigma_G^2 = \frac{CM_p - CM_e}{r}, \quad (8)$$

де CM_p – узагальнене середньоквадратичне значення ознаки популяції; CM_e – узагальнена середньоквадратична похибка; r – кількість повторень.

Таблиця 1

Кліматична карта за період вегетації гібридів помідора (дані метеостанції «Умань»)

Місяць	Рік											
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Опади, мм												
IV	60,0	100,0	69,2	31,8	53,3	17,5	22,4	21,0	49,9	57,7	129,6	
V	82,0	125,5	40,3	114,4	46,4	18,3	35,6	101,0	56,4	22,4	42,4	
VI	70,0	73,0	114,1	73,7	41,0	92,9	33,8	21,4	89,8	28,1	92,5	
VII	75,0	73,0	114,1	73,7	41,0	82,4	69,8	70,4	104,7	36,3	15,8	
VIII	54,4	15,6	17,3	27,9	29,9	2,6	19,2	17,1	69,9	44,4	12,0	
Σ	341,4	387,1	355,0	321,5	211,6	213,7	180,8	230,9	370,7	188,9	292,3	
Температура повітря, °C												
IV	10,9	9,7	8,7	12,3	9,7	13,5	9,6	9,2	7,4	8,6	8,8	
V	18,4	16,1	15,6	14,7	14,8	17,9	17,0	12,5	14,0	14,5	15,4	
VI	20,5	17,5	19,3	20,1	20,0	20,2	23,4	20,9	19,8	20,5	19,6	
VII	20,0	21,5	21,3	21,6	20,6	20,7	20,0	21,6	23,0	21,0	21,3	
VIII	19,8	20,8	21,2	20,7	22,1	22,1	20,7	21,2	20,3	21,7	22,9	

Варіанса екологічна

$$\sigma_A^2 = CM_e \quad (9)$$

Варіанса фенотипова

$$\sigma_F^2 = \sigma_C^2 + \sigma_A^2 \quad (10)$$

Коефіцієнт генотипової варіації

$$CVG = \frac{\sqrt{\sigma_C^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (11)$$

Коефіцієнт фенотипової варіації

$$CVF = \frac{\sqrt{\sigma_F^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (12)$$

Коефіцієнт екологічної варіації

$$CVA = \frac{\sqrt{\sigma_A^2 \times 100}}{\bar{x}} \quad (13)$$

Основні результати дослідження. Величина врожаю значно визначається такими показниками, як кількість квіток і плодів на китиці. Дані показники дають можливість спрогнозувати майбутній урожай.

За роки досліджень 2013–2023 рр. найбільша кількість квіток утворювалась на рослинах гібриду Emrero F₁ і становила 19,0 шт/росл., що більше від стандарту на 30% або 4,4 шт/росл., але при цьому відзначено, що ступінь зав'язування плодів був одним з найменших і становив 72,8%, що відповідало найбільшій кількості плодів на одній рослині – 13,8 шт. Гібриди Силует F₁, Brightina F₁, Мерліс F₁ утворювали від 16,1 до 18,9 квіток/росл. ступінь зав'язування яких був у межах 71,9–77,0%. За кількістю плодів на одній рослині відзначено гібриди Emrero F₁ і Мерліс F₁ – 13,8 і 13,5 шт/росл., що більше від стандарту на 15,5 і 13,1% або 1,9 і 1,6 шт/росл. Варіювання кількості квіток було середнім, CV = 14%, а кількості плодів слабким, CV = 8% (рис. 1).

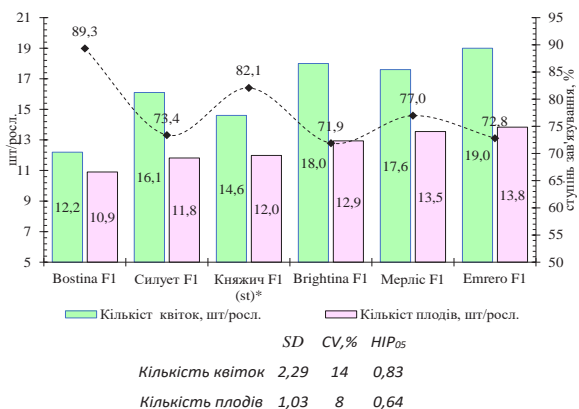


Рис. 1. Кількість квіток і плодів помідора та частка їх зав'язування залежно від гібриду, 2013–2023 рр.

Важливою ознакою характеристики гібриду є маса плоду. Для досліджень були підібрані гібриди з майже однаковими плодами за масою і формою та які користуються попитом. Результати досліджень свідчать, що плоди помідора з найбільшою масою (середній показник за гібридами змінювався від 107 до 128 г) утворювалися

у 2013, 2014, 2021 і 2023 рр. – тобто за оптимального зволоження, а мінімальної маси плоди утворювалися в 2015, 2016, 2019 і 2022 рр. – 74–82 г. У середньому за роки варіювання маси плоду було малим – CV = 9% (рис. 2), мінімальна варіація відзначалася у 2017, 2018, 2019, 2020 рр. – 7–8%, а максимальна в 2013, 2014 і 2023 рр. – 15–16%. Варіювання маси за гібридами було більш істотним від 11% у Brightina F₁ до 26% у Emrero F₁ (табл. 2).

Статистично достовірну більшу масу плоду відносно стандарту утворювали всі гібриди у 2013 році, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁ – у 2014, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2015, Силует F₁ – у 2016, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2017, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2018, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2019, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2020, Emrero F₁, Bostina F₁ – у 2021, Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁ – у 2022, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁ – у 2023 році.

У середньому за роки проведення досліджень достовірно більшу масу плоду формували рослини гібридів Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁. Відзначено два гібриди, які утворювали стабільно великі за масою плоди – Силует F₁ і Bostina F₁, де даний показник відповідно становив 100 і 114 г (рис. 2).

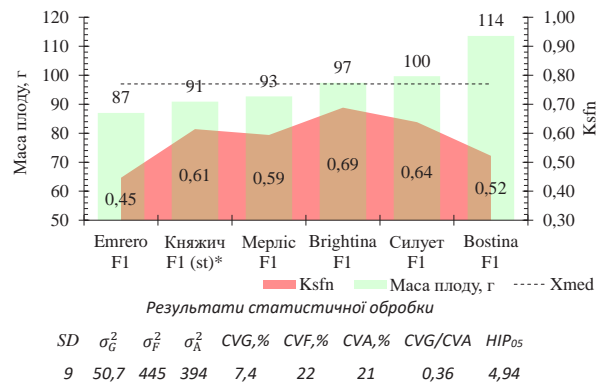


Рис. 2. Маса плоду помідора залежно від гібриду, г (2013–2023)

Статистичні розрахунки показали, що показник екологічної варіації (CVA = 20,5%) був більшим від генетичної (CVG = 7,4%). Очевидно продуктивність досліджуваних гібридів помідора значно залежить від екологічних умов вирощування. Це підтверджує мале відношення CVG/CVA = 0,36 і вказує, що, біологічний потенціал гібридів помідора реалізується недостатньо.

Урожайність та адаптивна здатність гібридів помідора. Урожайність культури – найважливіший показник, за яким визначається ефективність того чи іншого технологічного заходу чи нової технології. Результати досліджень свідчать, що помідор мав досить високу врожайність, чому сприяли створені оптимальні умови вирощування та догляду за культурою. Дані свідчать, що найвищу врожайність гібридів помідора одержували у 2013 (53,5 т/га), 2014

(51,8 т/га), 2018 (56,8 т/га), 2021 (52,8 т/га) і 2023 (53,4 т/га) рр., що зумовлено оптимальними погодними умовами у ці роки. У середньому за роки в абсолютній більшості гібридів відзначено середнє варіювання ознаки «урожайність», CV був у межах від 15 до 20%, лише у гібриду Brightina F₁ урожайність була стабільною і варіювала за роками у межах 9% (табл. 3).

У середньому за період досліджень всі дослідні варіанти достовірно переважали стандарт, врожайність якого була на рівні 43,0 т/га зп HIP₀₅ – 2,43 т/га (рис. 3).

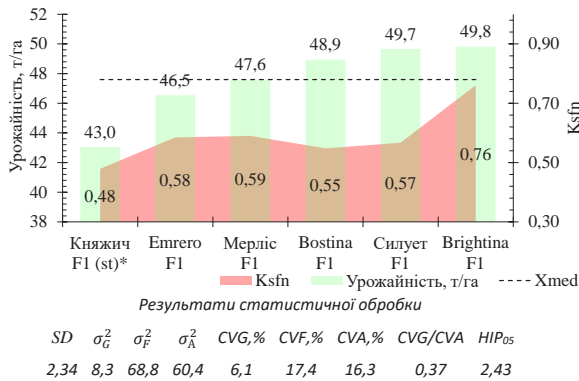


Рис. 3. Середня врожайність й фенотипова стабільність ознаки помідора залежно від гібриду, (2013–2023 рр.) т/га

Обрахунки одержаних даних показали, що фенотипова стабільність збільшувалася зі збільшенням урожайності плодів. Так, гібрид Княжич F₁ (st) був найменш стабільним – Ksfn = 0,48, а гібрид Brightina F₁ – найбільш стабільним – Ksfn = 0,76.

Статистичним аналізом встановлено, що показник екологічної варіації (CVA = 16,3%) був значно більшим від генетичної (CVG = 6,1%), що вказує на істотну залежність рівня врожайності від екологічних умов вирощування, а мале відношення CVG/CVA = 0,37 це підтверджує й вказує,

що біологічний потенціал гібридів помідора реалізується в неповній мірі.

Генетико-статистичний аналіз урожайності генотипів показав, що гібриди Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, і Brightina F₁ були найбільш стабільними (σ^2d). У дослідженні виявлено, що гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁, мали показники пластичності $bi > 1$ і стабільності $\sigma^2d > 0$, що свідчить про вищу продуктивність за сприятливих умов вирощування, але вони були нестабільними. Інші гібриди (Мерліс F₁, Brightina F₁) мали показники $bi < 1$ і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню здатність давати кращі результати за несприятливих умов, проте вони також були нестабільними (табл. 4).

Гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ за показником пластичності (bi) можна віднести до групи інтенсивних, а інші – до групи пластичних. Гібриди помідора дуже рівномірно розподілилися за показником гомеостатичності від 4,5 до 6,0, що підтверджує їх стабільність. Високою селекційною цінністю (Sc) та компенсаторною здатністю (КЗ) відзначився гібрид Brightina F₁. З високим коефіцієнтом адаптивності виділено гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Мерліс F₁, Brightina F₁ були кращими – КАА був 1 і більше.

Висновки. Встановлено, що без кліматично орієнтованого розвитку овочівництва, добром гібридів досягти високої продуктивності помідора важко. Проведене вивчення рівня адаптивності різних гібридів помідора до геоекологічних умов умов Лісостепу сприяло виявленню генотипів, що дають можливість отримання дешевої сировини на продовольчі цілі та для переробки – гібриди Силует F₁, Bostina F₁, Brightina F₁, включені в дослідження, забезпечать урожайність на рівні 48,9–49,8 т/га за безрозсадного способу вирощування. Виявлено, що на забезпечення високої врожайності впливає кількість квіток, ступінь зав'язування, маса плоду та їх кількість. Відзначено гібриди, які формували плоди істотно більшої маси – Силует F₁,

Таблиця 2

Маса плоду помідора залежно від гібриду, г

Гібрид	Рік проведення дослідження											SD	CV, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Княжич F ₁ (st)	92	95	77	84	91	98	77	99	116	71	99	12,3	14
Силует F ₁	104	102	85	97	102	109	82	112	122	78	105	12,8	13
Emrero F ₁	105	104	64	62	81	86	65	88	132	59	111	22,6	26
Bostina F ₁	145	141	92	84	97	106	83	109	158	83	150	28,0	25
Мерліс F ₁	102	101	77	78	92	100	77	98	119	71	105	14,4	15
Brightina F ₁	99	99	92	84	97	104	84	109	119	82	102	10,8	11
Xmed	108	107	81	82	93	101	78	103	128	74	112		
SD	17	16	10	10	7	7	6	8	15	8	17		
CV, %	16	15	12	13	7	7	8	8	11	11	15		
HIP ₀₅	5,50	5,45	4,15	4,16	4,75	5,13	3,97	5,23	6,51	3,77	5,71		

Таблиця 3

Урожайність помідора залежно від гібриду, т/га

Гібрид	Рік проведення дослідження											SD	CV, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Княжич F ₁ (st)	53,8	42	26,9	38,8	33,7	56,2	44,0	43,0	46,5	41,6	47,0	7,90	18
Emrero F ₁	58,4	58,6	39,4	45,7	41,8	49,4	36,5	35,3	58,0	34,3	54,6	9,26	20
Мерліс F ₁	45,2	56,3	36,1	45,2	44,9	56,2	45,0	44,1	48,0	41,2	61,2	7,04	15
Bostina F ₁	48,9	49	33	47,4	41	60,2	44,0	50,0	59,0	48,6	57,3	7,65	16
Силует F ₁	58,2	58,4	34	43,4	45,2	60,0	48,0	50,7	52,0	45,3	51,0	7,33	15
Brightina F ₁	56,4	46,5	46,1	47,2	44,9	59,0	45,6	52,0	53,0	47,7	49,5	4,48	9
Xmed	53,5	51,8	35,9	44,6	41,9	56,8	43,9	45,9	52,8	43,1	53,4		
SD	4,91	6,35	5,91	2,92	4,02	3,70	3,55	5,79	4,63	4,83	4,82		
CV, %	9	12	16	7	10	7	8	13	9	11	9		
HIP ₀₅	2,73	2,64	1,83	2,28	2,14	2,90	2,24	2,34	2,69	2,20	2,73		

Таблиця 4

Параметри адаптивної здатності гібридів помідора за ознакою товарної урожайності, 2013–2024 рр.

Гібрид	X	σ^2d	bi	Hom	Sc	KM	ІЕП	СС	КЗ	КАА
Княжич F ₁ (st)*	43,0	2,81	1,16	4,5	37,2	2,28	0,99	-29	42	0,90
Emrero F ₁	46,5	3,04	1,16	5,2	43,5	2,18	1,07	-24	46	0,98
Мерліс F ₁	47,6	2,65	0,93	5,5	45,5	1,93	1,10	-25	49	1,00
Bostina F ₁	48,9	2,77	1,11	5,8	48,1	2,08	1,13	-27	47	1,03
Силует F ₁	49,7	2,71	1,10	6,0	49,5	2,05	1,15	-26	47	1,04
Brightina F ₁	49,8	2,12	0,54	6,0	49,8	1,52	1,16	-14	52	1,05

і Bostina F₁. Аналіз даних показав, що врожайність за гібридами мала середню варіацію (від 15 до 20%), за виключенням гібриду Brightina F₁, де CV = 9%. Статистичні дослідження сприяли ранжуванню гібридів на дві групи: гібриди Княжич F₁ (st)*, Силует F₁, Emrero F₁, Bostina F₁ мали параметри пластичності bi > 1 і стабільності $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню кращу продуктивність за сприятливих умов вирощування, але вони нестабільні; гібриди Мерліс F₁, Brightina F₁ мали показники bi < 1 і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню високу продуктивність за несприятливих умов, проте вони також були нестабільними. У результаті дослідження виділено перспективні гібриди помідора, що забезпечать сталий розвиток овочівництва, населення дешевою продукцією, переробку галузь сировиною.

Література

1. FAO. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 2018. 224 pp. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e51e0cf0-4ece-428c-8227-ff6c51b06b16/content>.
2. The IPCC finalized the Synthesis Report for the Sixth Assessment Report during the Panel's 58th Session held in Interlaken, Switzerland from 13–19 March 2023. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

3. Zhao C., Liu, B., Piao, S.L. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2017, 114, 9326–9331.

4. Elazazi E, Ziemis L, Mahmood T, et al. Genotypic Selection Using Quantitative Trait Loci for Better Productivity under High Temperature Stress in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae*, 2024, 10(8), 874. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080874>.

5. Alsamir M., Ahmand, N., Ariel V., Mahmood T. Trethiwan R. Phenotypic diversity and marker-trait association under heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Aust. J. Crop Sci.*, 2019, 13, 578–587.

6. Lohani N., Singh M.B., Bhalla P.L. High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants. *J. Exp. Bot.*, 2020, 71, 555–568.

7. Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmioli M., Marmioli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Front. Plant Sci.*, 2024, 14, 1297569.

8. Vasani M. J., Lunagar M. M. Influence of Growing Environments on Growth, Phenology and Fruit Yield of Tomato in Semi-Arid Climate of Anand District of Middle Gujarat Region, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 2024, 14(8):627–34. <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i84382>.

9. Avdikos I.D., Tagiakas R., Tsouvaltzis P., et al. Comparative Evaluation of Tomato Hybrids and Inbred Lines for Fruit Quality Traits. *Agronomy*, 2021, 11, 609. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030609>.

10. Martirosyan H. H., Vardanian I. V., Sargsya G. Zh. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2023, 1229, 012026. DOI:10.1088/1755-1315/1229/1/012026

11. Улянич О.І., Воробйова Н.В., Ковтунюк З.І., Яценко В.В. Виробничо-біологічна оцінка та ефективність вирощування гібридів помідора. *Вісник Уманського НУС*, 2021, 2, 111–125.

12. Bhandari R., Neupane N., Adhikari D. Climatic change and its impact on tomato production in plain area of Nepal. *Environmental Challenges*, 2021, 4, 100129. 10.1016/j.envc.2021.100129.

13. WORLD POPULATION REVIEW. Retrieved from: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/tomato-production-by-country>

14. Воробйова Н.В. Адаптивність до умов Лісостепу України та врожайність сортів помідора. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2021, 69, 79–88.

15. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. *Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві*. Харків: Основа, 2001. 369 с.

16. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 1963, 14, 742–754.

17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 1966, 6(1), 36–40.

18. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.*, 1981, 21(6), 27–29.

19. Shing M., Ceccarelli S., J. Hambling. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 1993, 86, 437–441.

20. Burton G.W., R.W. De Vane. Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 1953, 45, 478–481.

References

1. FAO (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 224 pp. Available online: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e51e0cf0-4ece-428c-8227-ff6c51b06b16/content>.

2. The IPCC finalized the Synthesis Report for the Sixth Assessment Report during the Panel's 58th Session held in Interlaken, Switzerland from 13–19 March 2023. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

3. Zhao, C., Liu, B., Piao, S.L., Wang, X.H., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M.T., Yao, Y.T., Bassu, S., Ciais, P. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114: 9326–9331.

4. Elazazi, E., Ziemis, L., Mahmood, T., Eltanger, N., Al-Qahtani, M., Shamsil, N., Al-Kuwari, A., Metwally, M.M., Trethowan, R., Dong, C. (2024). Genotypic Selection Using Quantitative Trait Loci for Better Productivity under High Temperature Stress in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae*, 10(8):874. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080874>

5. Alsamir, M., Ahmand, N., Ariel, V., Mahmood, T., Trethowan, R. (2019). Phenotypic diversity and marker-trait association under heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Aust. J. Crop Sci.*, 13: 578–587

6. Lohani, N., Singh, M.B., Bhalla, P.L. (2020). High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants. *J. Exp. Bot.*, 71: 555–568.

7. Janni, M., Maestri, E., Gulli, M., Marmiroli, M., Marmiroli, N. (2024). Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Front. Plant Sci.*, 14: 1297569.

8. Vasani, M. J., Lunagarra, M. M. (2024). Influence of Growing Environments on Growth, Phenology and Fruit Yield of Tomato in Semi-Arid Climate of Anand District of Middle Gujarat Region, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(8): 627–34. <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i84382>.

9. Avdikos, I.D., Tagiakas, R., Tsouvaltzis, P., Mylonas, I., Xynias, I.N., Mavromatis, A.G. (2021). Comparative Evaluation of Tomato Hybrids and Inbred Lines for Fruit Quality Traits. *Agronomy*, 11, 609. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030609>.

10. Martirosyan, H.H., Vardanian, I.V., Sargsya, G. Zh. (2023). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1229, 012026. DOI:10.1088/1755-1315/1229/1/012026

11. Ulyanich, O.I., Vorobyova, N.V., Kovtunyk, Z.I., Yatsenko, V.V. (2021). Vyrobnichobiolohichna otsinka ta efektyvnist vyroshchuvannya hibrydov pomidora [Production-biological assessment and efficiency of growing tomato hybrids]. *Visnyk Umanskoho NUS – Bulletin of the UNUH*, 2: 111–125.

12. Bhandari, R., Neupane, N., Adhikari, D. (2021). Climatic change and its impact on tomato production in plain area of Nepal. *Environmental Challenges*, 4, 100129, 10.1016/j.envc.2021.100129.

13. WORLD POPULATION REVIEW. Retrieved from: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/tomato-production-by-country>

14. Vorobyova, N.V. (2021). Adaptyvnist do umov Lisostepu Ukrainy ta vrozhaist sortiv pomidora. [Adaptability to the conditions of the forest-steppe of Ukraine and yield of tomato varieties]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk – Vegetable growing and melon growing: interdepartmental thematic scientific collection*, 2021, 69: 79–88.

15. Bondarenko, G. L., & Yakovenko, K. I. (eds.) (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of experimental research in vegetable growing and melons]*. Kharkiv: Osnova, 369 p.

16. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742–754. Retrieved from https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf

17. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1): 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x/>

18. Rossielle, A. A., & Hemblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6): 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>.

19. Shing, M., Ceccarelli, S., & Hambling J. (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(4): 437–441. <https://doi.org/10.1007/BF00838558>.

20. Burton, G. W. & De Vane R. W. (1953). Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 45: 478–481. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1953.00021962004500100005x>

**Н. В. Грицюк**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: ngritsyuk78@gmail.com

**Л. Л. Довбиш**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: lldov@ukr.net

**А. В. Бакалова**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
E-mail: bakalova1970@ukr.net

**І. В. Іващенко**

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: kalateja@ukr.net

**Н. М. Плотницька**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: plotnat@ukr.net

ВПЛИВ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Наведено результати оцінки протибур'янової ефективності способів основного обробітку ґрунту при вирощуванні пшениці ярої у Правобережному Лісостепу України.

Пріоритетом у технології захисту посівів зернових культур є зменшення кількості шкідливих організмів. Наразі, в Україні спостерігається тенденція до введення біологічних та агротехнічних прийомів захисту рослин від бур'янів, значну роль у цьому відіграють правильно підібраний основний обробіток ґрунту та система удобрення. Високий рівень сеgetальної рослинності у посівах сільськогосподарських культур знижує кількість і якість урожаю, за рахунок зменшення кількості продуктивних стебел і надземної маси культури. В системі контролю бур'янів у агроценозах пшениці ярої значну роль відіграють рівень удобрення та система основного обробітку ґрунту з урахуванням морфологічних особливостей бур'янів, досліджуваної культури, а також погодних умов. Метою досліджень було вивчення потенційної та фактичної забур'яненості посівів пшениці ярої залежно від особливостей основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах Правобережного Лісостепу.

В умовах виробничого досліді Житомирської області досліджено вплив потенційної засміченості ґрунту насінням бур'янів залежно від особливостей основного обробітку ґрунту. Також, при глибокому обробітку ґрунту кількість насіння збільшилася по горизонтах від 0–10 см до 20–30 см, де їх накопичення становило 42%. Аналіз забур'яненості агроценозу пшениці ярої перед збиранням урожаю показує, що підвищений протибур'яновий ефект має щорічна оранка на глибину 20–22 см. Встановлено, що на удобреному фоні фактична забур'яненість була вища по кількості і сухій масі бур'янів. Так, на фоні удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшилася кількість буянів на 0,9–4,1 шт./м² порівняно з неудобреним варіантом. Але, при рівні удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ забур'яненість була дещо меншою і коливалася у мажах 0,8–3,0 шт./м².

Ключові слова: пшениця яра, система обробітку ґрунту, рівень удобрення, забур'яненість, агрофітоценоз, сеgetальна рослинність.

N. V. Hrytsiuk

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: ngritsyuk78@gmail.com

L. L. Dovbysh

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Soil Science and Agriculture,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: lldov@ukr.net

A. V. Bakalova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: bakalova1970@ukr.net

I. V. Ivaschenko

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: kalateja@ukr.net

N. M. Plotnytska

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: plotnat@ukr.net

THE INFLUENCE OF THE SYSTEM OF TILLAGE AND FERTILIZER ON THE POLLUTION OF SPRING WHEAT CROPS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE

The results of the evaluation of the anti-weed efficiency of the methods of the main tillage during the cultivation of spring wheat in the right-bank Forest Steppe of Ukraine are given.

Reducing the number of harmful organisms is a priority in grain crop protection technology. Currently, there is a tendency in Ukraine to introduce biological and agrotechnical methods of protecting plants from weeds, a significant role in this is played by correctly selected basic tillage and fertilization system. A high level of segetal vegetation in agricultural crops reduces the quantity and quality of the harvest, due to a decrease in the number of productive stems and the above-ground mass of the crop. In the system of weed control in agrocenoses of spring wheat, the level of fertilization and the system of the main tillage, taking into account the morphological features of the weed vegetation, the culture itself, and weather conditions, play a significant role. The purpose of the research was to study the potential and actual weediness of spring wheat crops depending on tillage and fertilization in the conditions of the right-bank Forest Steppe.

In the conditions of the production experiment of the Zhytomyr region, the impact of potential soil contamination with weed seeds was investigated depending on the main methods of soil cultivation. Also, with deep tillage, the number of seeds increased along the horizons from 0–10 cm to 20–30 cm, where their accumulation was 42%. The analysis of weed vegetation in the agrocenosis of spring wheat before harvesting shows that annual plowing to a depth of 20–22 cm has an increased anti-weed effect.

It was established that on the fertilized background the actual weediness was higher in terms of the number and dry mass of weeds. Thus, against the background of $N_{30}P_{30}K_{30}$ fertilization, the number of buds increased by 0,9–4,1 pieces/m² compared to the unfertilized version. However, at the level of fertilizer $N_{60}P_{60}K_{60}$, weediness was somewhat lower and ranged from 0,8 to 3,0 pieces/m².

Key words: spring wheat, tillage system, fertilization level, weediness, agrophytocenosis, segetal vegetation.

Постановка проблеми. Пшениця яра в Україні є однією з провідних зернових культур ярої групи, займає площу 249 тис. га або 63% від посівів зернових і зернобобових. Станом на 2024 рік лідерами посівних площ стали Дніпропетровська – 46,4 і Київська області 32,3 тис. га. Житомирська область увійшла у трійку лідерів областей з найбільшими посівними площами під ярою пшеницею, що займає 18,6 тис. га [2].

Але наразі, врожайність пшениці ярої в регіоні стабілізувалася на рівні 3,5–4, т/га і менше, що пов'язано з посушливістю клімату (350–420 мм опадів за вегетаційний період), порушенням зональних агротехнологій, обмеженням застосуванням добрив (менше 30 кг/га) і збільшення рівня забур'яненості посівів [15, 17].

Очищення агроценозів від бур'янів є надзвичайно актуальним, особливо при переході на органічне вирощування сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Видовий склад бур'янових угруповань Житомирського регіону у пшеничних агрофітоценозах представлений від 5 до 9 видів. Серед однорічних бур'янів домінують метлюг звичайний (*Apera spic-avena* L.) – 40–47%, бромус житній (*Bromus secalinus* L.) – 20–22%, лобода біла (*Chenopodium album* L.) 13–14% від загальної кількості бур'янової синузії. Багаторічні бур'яни представлені – берізка польова (*Convolvulus arvensis* L.) та осот польовий жовтий (*Sonchus arvensis* L.) [8, 18].

Засвоюючи швидше поживні речовини та ґрунтову вологу бур'яни створюють несприятливі умови для росту і розвитку культурним рослинам, спричиняючи зниження врожайності і якості. Так, через надмірну забур'яненість загальні втрати зернової продукції можуть сягати 10–15%, а собівартість продукції збільшується до 30% [1]. У біомасі врожаю зернових культур питома вага бур'янів становить 25%. На одному гектарі орного шару ґрунту міститься від 90 млн до 5,5 млрд насіння бур'янів [22, 23].

У різних регіонах України видовий склад бур'янів пшеничних посівів і ступінь забур'яненості значно відрізняється. Так, найпоширенішими бур'янами є вівсюг звичайний (*Avena fatua* L.), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* L.), вика звичайна (*Vicia arvensis* L.) та інші, спричиняють збитки посівам зернових культур. Вони відносяться до бур'янів верхнього ярусу, які затіняють зернові культури, уповільнюючи їх ріст і розвиток і спричиняють істотне зниження врожайності та якості зерна [19, 20].

Забур'яненість посівів зернових культур, насамперед, пов'язана з якістю виконання і способами основного обробітку ґрунту, потенційною засміченістю ґрунту насінням бур'янів та органів їх вегетативного розмноження, видовим складом бур'янової синузії, початком і тривалістю вегетації, конкурентоздатністю, температурним режимом зернових культур [10, 11].

Доведено [5], що при вирощуванні зернових культур, за мінімального обробітку ґрунту

спостерігається тривала закономірність підвищення забур'яненості агрофітоценозів. Так, на думку низку вчених [5, 6], найефективнішим обробітком у контролі посівів пшениці від бур'янів є різноглибинний обробіток у сівозміні, при якому глибока оранка проводиться один раз на 4–5, а в наступні роки – мілкіші обробітки [5]. Кількість бур'янів перед збиранням урожаю зростає утринчі при безвідвальній технології підготовки ґрунту, ніж при відвальній, а при чергуванні цих обробітків – кількість бур'янів зростає у 4 рази за рахунок підняття у верхні шари ґрунту насіння бур'янів і органів їх вегетативного розмноження [5, 6]. При боронуванні посівів пшениці озимої восени і навесні зменшення бур'янів становить 84%, а при застосуванні гербіцидів – 95%. Також доведено [3, 12], що при мінімальному обробітку ґрунту в зернових агрофітоценозах, спостерігається тривала закономірність підвищення забур'яненості.

Крім зменшення забур'яненості посівів пшениці ярої правильно підібрана система обробітку ґрунту поліпшує агрофізичні й агрохімічні властивості агрофітоценозів сприяє посиленню життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, мінералізації органічних і переведенні поживних речовин у більш доступну для рослин форму [4, 24].

Оскільки бур'яни мають вищу потенційну здатність у споживанні елементів живлення, незбалансоване внесення мінеральних добрив провакує збільшення забур'яності посівів зернових [9].

Існує також думка [13, 21], що на провапнованих і удобрених ґрунтах, порівняно з неудобреними, польові культури швидше ростуть, оскільки створюються сприятливі умови для конкуренції з бур'янами.

Система контролю сеgetальної рослинності у фітоценозах пшениці ярої поєднує у собі декілька агротехнічних прийомів – правильна сівозміна, застосування гербіцидів, оптимальна система обробітку ґрунту й удобрення.

Метою досліджень є вивчення впливу систем обробітку ґрунту й удобрення на рівень забур'яненості посівів пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу.

Методика дослідження. Дослідження з вивчення впливу систем удобрення та обробітку ґрунту на формування бур'янової синузії у посівах ярої пшениці проводили у виробничих посівах СФГ «Едельвейс» с. Стрижівка Житомирського району Житомирської області.

ґрунт дослідних ділянок чорнозем опідзолений легкосуглинковий на лесі, що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 2,9–3,3%; азот гідролізований (за Тюрніним та Коноваловою) – 86,1–111,3 мг/кг; рухомого фосфору (за Чириковим) – 125–150 мг/кг; та обмінного калію (за Масловою) 80–150 мг/кг, рН 6,2–6,8.

Варіанти основного обробітку ґрунту:

1. Без основного осіннього обробітку ґрунту (контроль);

2. Оранка на глибину 20–22 см;
3. Безвідвальний обробіток ґрунту (плоскорізне розпушення на глибину 20–22 см KUNH PERFORMER 4000 SELECT);
4. Неглибокий обробіток ґрунту (дискування дисковою бороною FARMET SOFTER на глибину 10–12 см).

Агротехніка вирощування пшениці ярої сорту Візерунок (оригінатор – Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН) була загальноприйнята для зони Лісостепу [16]. Загальна площа посівної ділянки становила 190 м², облікової – 100 м². Повторність триразова, розміщення ділянок систематичне [25].

Визначення потенційної засміченості ґрунту насінням бур'янів і фактичної забур'яненості проводили за загальноприйнятими методиками [7, 16].

Основні результати дослідження.

Бур'яни характеризуються високою конкурентоздатністю, що в умовах малоефективних заходів захисту сприяє до значного насичення орного шару ґрунту їхнім насінням і органами вегетативного розмноження. Тому, зниження потенційної засміченості ґрунту органами розмноження бур'янів є важливим. Запаси насіння бур'янів на різну глибину орного шару залежно від обробітку ґрунту під посівами ярої пшениці наведені у таблиці 1.

У середньому за роки досліджень, засміченість орного шару ґрунту насінням бур'янів залежно від варіанту його обробітку змінювалася від 1285 до 1771 шт/м². При цьому найбільшу кількість насіння бур'янів відмічали у варіанті без основного обробітку ґрунту (контроль) – 1771 шт/м². Оранка на глибину 20–22 см знижувала ступінь засміченості ґрунту на 14–35% порівняно з варіантом, де не застосовували обробіток (контроль). Щорічні неглибокі (безплужні) обробітки ґрунту зменшували кількість насіння бур'янів у нижніх горизонтах. Так, у контрольному варіанті, а також з неглибоких обробітків (10–12 см) найбільш засміченим виявився верхній горизонт ґрунту (0–10 см) орного шару – 14–48% від загальної кількості насіння бур'янів. Вниз за профілем у цих варіантах кількість насіння бур'янів у ґрунті зменшилася в шарі 10–20 см на 19–44%; 20–30 см – на 38–52%, порівняно з верхнім його шаром (0–10 см). Обернена закономірність спостерігається при застосуванні обробітку ґрунту на глибину 20–22 см (відвального і безвідвального), що відрізняється найменшою здатністю очищення верхнього його шару (0–10 см) від насіння бур'янів, порівняно з іншими способами

обробітку. У цих варіантах (див. табл. 1) кількість насіння бур'янів збільшується від шару 0–10 см до 10–20 см, де їх накопичення становило 42% від загальної кількості. Таке зменшення кількості бур'янів у посівах пшениці ярої, пояснюється тим що, більшість видів їх проростають з верхнього шару ґрунту (не більше 12 см).

Результати досліджень щодо засміченості ґрунту насінням бур'янів підтверджуються даними фактичної забур'яненості посівів. При цьому, домінуючими видами в посівах пшениці ярої за всіх способів обробітку ґрунту були такі малорічні бур'яни, як шириця звичайна, лобода біла, грицики звичайні, редька дика, мишій зелений і сизий, чисельність яких становила 90%. Частка багаторічних видів (берізка польова, осот жовтий) не перевищувала 10% від загальної кількості бур'янів (табл. 2).

Середня забур'яненість за варіантами обробітку на різних фонах удобрення варіювала від 12,7 до 15,7 шт/м², зазвичай, бур'яни розміщувалися в нижньому ярусі агроценозу. За неглибокого обробітку ґрунту цей показник залишався на рівні контролю. Тобто, за виключення технології вирощування пшениці ярої, без основного осіннього обробітку, порівняно з іншими варіантами, спостерігалось зменшення маси бур'янів на 30%. Безвідвальний обробіток ґрунту дисковими боровами, порівняно з оранкою на таку ж глибину спричиняв зниження забур'яненості посівів пшениці ярої лише на 4%. При цьому слід відмітити, бур'яни були вищі на 7%, ніж при оранці. Всі інші безплужні обробітки ґрунту спричиняли збільшення чисельності бур'янів (у середньому на 17–18%), інтенсивним накопиченням їх сухої біомаси (у середньому на 42–44% більше ніж при оранці).

Залежно від способу основного обробітку ґрунту відбувалися значні зміни у видовому складі бур'янового угруповання. Так, неглибокий, безвідвальний та взагалі без осіннього обробітку ґрунту, порівно з оранкою, сприяли зменшенню кількості багаторічних коренепаросткових бур'янів на 12, 18, 25%. Однак, у варіантах, де обробіток ґрунту проводили без оберту пласта, бур'яни були більш розвинені ніж у оранці – на 4, 67, 31% відповідно. Так, якщо при оранці вегетативна маса одного багаторічного бур'яну (1 росл./м²) у середньому складала 1,27 г/м², то при неглибокому обробітку – 1,39–1,77 г/м², при відмові від осіннього зяблевого обробітку – 2,21 г/м².

Таблиця 1

Засміченість орного шару ґрунту насінням бур'янів під посівами ярої пшениці, 2020–2022 рр.

Обробіток ґрунт	Горизонт ґрунту, шт/м ²			
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
1. Без основного осіннього обробітку ґрунту (контроль)	750	531	490	1771
2. Оранка на глибину 20–22 см	310	560	415	1285
3. Безвідвальний обробіток ґрунту на глибину 20–22 см	385	650	440	1475
4. Неглибокий обробіток ґрунту на глибину 10–12 см	751	485	348	1584
НІР _{05 (2020)}	4	1	2	
НІР _{05 (2021)}	3	2	4	

Фактична забур'яненість посівів пшениці ярої залежно від способів обробітку ґрунту і рівня удобрення, 2020–2022 рр.

Обробіток ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)								
	N ₀ P ₀ K ₀		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		Середнє		
	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	шт/м ²	г/м ²	
1. Без основного осіннього обробітку ґрунту (контроль)	14,9	29,1	15,5	32,1	16,8	24,9	15,7	28,7	
2. Оранка на глибину 20–22 см	10,9	15,0	13,0	23,9	15,8	20,7	13,2	19,8	
3. Безвідвальний обробіток ґрунту на глибину 20–22 см	9,0	17,9	13,1	26,6	15,9	32,1	12,7	25,5	
4. Неглибокий обробіток ґрунту на глибину 10–12 см	14,5	22,1	15,4	20,7	14,9	28,9	14,9	23,9	
HIP ₀₅ за фактором А								2,3	
HIP ₀₅ за фактором В								1,2	

За кількістю і масою бур'янів на удобрених фонах фактична забур'яненість була вищою. Так, на фоні N₃₀P₃₀K₃₀ забур'яненість збільшилася відповідно на 17–31%, а на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ – на 27–43%, порівняно з неудобреним фоном.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що заміна глибокої системи основного обробітку ґрунту (оранка, плоскорізне розпушування на глибину 20–22 см) на неглибокий (10–12 см) дисковими знаряддями негативно впливає на очищення агроценозу пшениці ярої від бур'янової синузії. Найменшу засміченість насінням бур'янів спостерігали при оранці на глибину 20–22 см у горизонті 0–10 см – на 440 шт/м² істотно менше ніж у варіанті без застосування основного обробітку ґрунту.

З підвищенням рівня мінерального живлення відмічається збільшення чисельності та накопичення повітряно-сухої маси сегетальних рослин, що на нашу думку, пов'язано з потужним розвитком культурних рослин пшениці ярої.

Література

1. Вплив забур'яненості посівів на показники врожайності зерна пшениці озимої. [Грицюк Н. В. та ін.]. Сучасні аспекти вирішення проблем у захисті і карантині рослин : матеріали науково-практичної конференції (25.02.2021 р.) Житомир. С. 30–33.

2. Дніпропетровщина поступилася лідерством з виробництва ярої пшениці Київщині (2024 р.). веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/news/18976-dnipropetrovschina-postupilasya-liderstvom-z-virobnitstva-yaroyi-pshenitsi-kiyivschini>

3. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур, М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2022 (1). С. 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>

4. Гнатюк Т. О., Дідора В. Г. Вплив різних систем удобрення на продуктивність жита озимого у короткоротаційній сівозміні. *Науковий вісник НЛТУ*. 2018. т. 28. № 8. С. 37–39. <https://doi.org/10.15421/40280807>.

5. Гриник С. І. Ефективність вирощування пшениці ярої залежно від обробітку ґрунту та системи живлення в умовах Передкарпаття. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 104. С. 41–46.

6. Гриник С. І., Шувар І. А., Вплив мінімізації обробітку дерново-підзолистого ґрунту та системи удобрення на його родючість і врожайність пшениці ярої в умовах Передкарпаття. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. (92), 96. <https://abbsl.osau.edu.ua/index.php/visnuk/article/view/30>

7. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

8. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Пузняк О. М. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 1. С. 77–84. <https://doi.org/110.31210/visnyk2022.01.09>.

9. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Пузняк О. М., Лешко Т. С., Осадчук Я. П. Фітосанітарний стан посівів жита озимого залежно від системи удобрення і біологічних препаратів на дерново-підзолистих ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 121. С. 29–37. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.4>

10. Грицюк Н. В., Плотницька Н. М., Тимошук Т. М., Довбиш Л. Л., Бондарева Л. М. Вплив обробітків ґрунту на забур'яненість посівів пшениці озимої в умовах Полісся України. *Scientific Horizons*. 2020. № 05 (90). С. 15–21. <https://doi.org/110.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21>.

11. Кравчук М. М., Кропивницький Р. Б., Клименко Т. В., Ярмолівич О. О., Кропивницький В. Б. Забур'яненість посівів жита озимого залежно від способів обробітку ґрунту в умовах переходу до органічного землеробства. *Scientific Horizons*. 2020. 01(86). С. 39–45. <https://doi.org/110.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45>.

12. Кривенко А. І. Почколіна С. В. Безеде Н. Г. Видовий склад бур'янів та забур'яненість посівів пшениці озимої залежно від попередників та різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Причорномор'я. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 53–62. <https://doi.org/110.32851/2226-0099.2019.108.8>

13. Куничак Г., Дутчак О., Матвієць Н., Матвієць В., Пшениця яра: заходи обробітку ґрунту та система удобрення. *Агробізнес сьогодні*. 2023. № 1. С. 25–29.

14. Манько Ю. П., Веселовський І. В., Орел Л. В., Танчик С. П. Бур'яни та заходи боротьби з ними / Київ : Учбово-методичний центр Мінагропрому України, 1998. 240 с.

15. Пшениця м'яка яра потребує уваги / О.А. Демидов, В.П. Кавунець, А.А. Сіроштан, В.М. Гудзенко, С.О. Хоменко. *Пропозиція*. 2017. № 1. С. 76–80.

16. Рекомендації по вирощуванню ярої пшениці в Лісостепу України / С.І. Мельник, В.П. Ситник, Т.І. Лазар, І.М. Войтов, Д.В. Козацький та ін. Харків, 2006. 23 с.

17. Рожков А.О. Яра пшениця у Східному Лісостепу України: монографія / за ред. М.А. Бобро. Харків: «Майдан». 2010. 232 с.

18. Саюк О. А., Плотницька Н. М., Павлюк І. О., Ткачук В. П., Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на урожайність пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 80–85. <https://doi.org/110.31210>.

19. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С. Вплив систем обробітку ґрунту та удобрення із використанням побічної продукції на продуктивність пшениці озимої в Західному Поліссі України. *Зернові культури*. 2021. Том 5. № 2. С. 368–373 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0197>

20. Циліорик О. І. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність парової пшениці озимої в північному Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 110–119.

21. Bakalova A.V., Hrytsiuk N.V., Stoliar S.H., Tkalenko N.M. Special aspects of the development of black currant bushes depending on weediness level in the Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(4). P. 18–22 https://doi.org/10.15421/2020_161

22. Gerasko T., Tymoshchuk T., Moisiienko V., Hrytsiuk N., Alekseeva T. Phytocoenotic assessment of herbaceous plant communities in the organic sweet cherry orchard. *Scientific Horizons*, 2024, № 27(5), P. 32–50. <https://doi.org/10.48077/scihor5.2024.32>

23. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., & Kotkova, T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. (2023). 26(3), С. 48–57. <https://doi.org/110.48077/scihor3.2023.48>

24. Nichols V., Verulst N., Cox R., Govaerts B. Weed dynamic sand conservation agriculture principles. *Field Crops Res*. 2015. Vol. 183. P. 56–68. <https://doi.org/110.1016/j.fcr.2015.07.012>.

25. Ещенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В. та Опришко В. П. (2014). Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»».

References

1. Hrytsyuk, N. V. (2021). Vplyv zaburianenosti posiviv na pokaznyky vrozhaivosti zerna pshenytsi ozymoї [The influence of crop weediness on winter wheat grain yield indicators]. Suchasni aspekty vyrishennia problem u zakhysti i karantyni roslyn: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii (25.02.2021) Zhytomyr. 30–33 [in Ukrainian].

2. Dnipropetrovshchyna postupylasia liderstvom z vyrobnytstva yaroї pshenytsi Kyivshchyni (2024). [Dnipropetrovsk Oblast ceded leader ship in spring wheat production to Kyiv Oblast]. URL: <https://superagronom.com/news/18976-dnipropetrovshchyna-postupylasya-liderstvom-z-virobnitstva-yaroyi-pshenitsi-kyivshchini>

3. Hanhur, V. V., Len, O. I., Hanhur, M. V. (2022). Vplyv riznykh system obrobittku na pozhyvnyi rezhym gruntu pid pshenytsieiu ozymoїu ta yachmenemy aryim v zoni livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of different tillage systems on the nutritional status of the soil under winter wheat and spring barley in the left-bank forest-steppe zone of Ukraine], *Scientific Progress & Innovations*. (1).38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04> [in Ukrainian].

4. Hnatiuk, T. O., Didora, V. H. (2018). Vplyv riznykh system udobrennia na produktyvnist zhyta ozymoho u korotkorotatsiinii sivozmini [The influence of different fertilization systems on the productivity of winter rye in short-rotation crop rotation]. *Scientific Bulletin of NLTU*. T. 28. № 8. 37–39. <https://doi.org/110.15421/40280807> [in Ukrainian].

5. Hrynyk, S. I. (2018). Efektyvnist vyroshchuvannia pshenytsi yaroї zalezno vid obrobittku gruntu ta systemy zhyvlennia v umovakh Peredkarpattia. [Efficiency of spring wheat cultivation depending on soil cultivation and nutrition system in the conditions of Precarpathia]. *Taurian Scientific Bulletin*. No. 104. 41–46 [in Ukrainian].

6. Hrynyk, S.I., Shuvar, I.A. (2019.). Vplyv minimizatsii obrobittku dernovo-pidzolistoho hruntu ta systemy udobrennia na yoho rodiuchist i vrozhaivist pshenytsi yaroї v umovakh Peredkarpattia. [Effect of minimization of cultivation of sod-podzolic soil and fertilization system on its fertility and yield of spring wheat in the conditions of Precarpathia]. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*. 92. 96. <https://abbsl.osau.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/30/> [in Ukrainian].

7. Hrytsaenko, Z. M., Hrytsaenko, A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv: CJSC "NICHILAVA", 320 [in Ukrainian].

8. Hrytsyuk, N. V., Dovbysh, L. L., Bakalova, A. V., Puzniak, O. M. (2022). Zaburianenistkorot korotatsiinooї sivozminy zalezno vid systemy udobrennia na dernovo-pidzolistykh gruntakh. [Turbidity of short-rotation crop rotation depending on the fertilization system on sod-podzolic soils]. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. No. 1. 77–84. <https://doi.org/110.31210/visnyk2022.01.09> [in Ukrainian].

9. Hrytsyuk, N. V., Dovbysh, L. L., Puzniak, O. M., Leshko, T. S., Osadchuk, Y. P. (2021). Fitosanitarnyi stan posiviv zhyta ozymoho zalezno vid systemy udobrennia i biolohichnykh preparativ na dernovo-pidzolistykh gruntakh. [Phytosanitary condition of winter rye crops depending on the fertilization system and biological preparations on sod-podzolic soils]. *Taurian Scientific Bulletin*. 121. 29–37. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.4> [in Ukrainian].

10. Hrytsyuk, N. V., Plotnytska, N. M., Tymoshchuk, T. M., Dovbysh, L. L., Bondareva, L. M. (2020). Vplyv obrobittkiv hruntu na zaburianenist posiviv pshenytsi ozymoї v umovakh Polissia Ukrainy. [The influence of tillage on the weediness of winter wheat crops in the conditions of Polissia of Ukraine].

Scientific horizons. 05 (90). 15–21. <https://doi.org/110.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21> [in Ukrainian].

11. Kravchuk, M. M., Kropyvnytskyi, R. B., Klymenko, T. V., Yarmolovich, O. O., Kropyvnytskyi, V. B. (2020). Zaburianenist posiviv zhyta ozymoho zalezho vid sposobiv obrobittu gruntu v umovakh perekhodu do orhanichnogo zemlerobstva [Weediness of winter rye crops depending on the methods of soil cultivation in conditions of transition to organic farming]. *Scientific Horizons*. 01 (86). 39–45. <https://doi.org/110.33249/2663-2144-2020-86-1-39-45> [in Ukrainian].

12. Kryvenko, A. I., Pochkolina, S. V., Bezede, N. G. (2019). Vydovyi sklad burianiv ta zaburianenist posiviv pshenytsi ozymoiza lezhno vid poperednykiv ta riznykh system osnovnogo obrobittu gruntu v umovakh Prychornomoria. [Species composition of weeds and weediness of winter wheat crops depending on predecessors and different systems of main tillage in the conditions of the Black Sea region]. *Taurian Scientific Bulletin*. 108. 53–62. <https://doi.org/110.32851/2226-0099.2019.108.8> [in Ukrainian].

13. Kunyachak H., Dutchak O., Matviets N., Matviets V., (2023). Pshenytsia yara: zakhody obrobittu gruntu ta systema udobrennia. [Spring wheat: measures of soil cultivation and fertilization system]. *Agribusiness today*. 1. 25–29 [in Ukrainian].

14. Manko, Y. P., Veselovskyi, I. V., Orel, L. V., Tanchyk S. P. (1998). Buriany ta zakhody borotby z nymy. [Weeds and measures to combat them] / Kyiv: Educational and Methodological Center of the Ministry of Agriculture of Ukraine [in Ukrainian].

15. Demidov, O.A., Kavunets, V.P., Siroshstan, A.A., Gudzenko, V.M., Khomenko S.O. (2017). Pshenytsia miaka yara potrebuie uvahy. [Soft spring wheat need attention]. Proposition. 1. 76–80 [in Ukrainian].

16. Melnyk, S.I., Sytnyk, V.P., Lazar, T.I., Voitov, I.M., Cossack, D.V. (2006). Rekomendatsii po vyroshchuvanniu yaroi pshenytsi v Lisostepu Ukrainy. [Recommendations for growing spring wheat in the forest-steppe of Ukraine] Kharkiv [in Ukrainian].

17. Rozhkov, A.O. (2010). Yara pshenytsia u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy. [Spring wheat in the Eastern Forest Steppe of Ukraine] : monograph / edited by MA. Beaver Kharkiv: "Maidan" [in Ukrainian].

18. Sayuk, O. A., Plotnytska, N. M., Pavlyuk, I. O., Tkachuk, V. P. (2018). Vplyv sposobiv osnovnogo

obrobittu gruntu ta system udobrennia na urozhainist pshenytsi ozymoiz. [Influence of methods of main tillage and fertilization systems on the productivity of winter wheat]. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4. 80–85 <https://doi.org/110.31210>

19. Furmanets, M.G., Furmanets, Yu.S. (2021). Vplyv system obrobittu hruntu ta udobrennia z vykorystanniam pobichnoi produktsii na produktyvnist pshenytsi ozymoiz v Zakhidnomu Polissi Ukrainy. [The influence of tillage and fertilization systems with the use of by-products on the productivity of winter wheat in the Western Polis of Ukraine]. *Cereal crops*. 5. 2. 368–373 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0197> [in Ukrainian].

20. Tsilyuryk, O. I. (2019). Vplyv system osnovnogo obrobittu gruntu ta udobrennia na urozhainist parovoi pshenytsi ozymoiz v pivnichnomu Stepu Ukrainy. [Influence of the main tillage and fertilization systems on the yield of steamed winter wheat in the Northern Steppe of Ukraine]. *Cereal crops*. 3. 1. 110–119 [in Ukrainian].

21. Bakalova A.V., Hrytsiuk N.V., Stoliar S.H., Tkalenko N.M. Special aspects of the development of black currant bushes depending on weediness level in the Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, 10 (4). P. 18–22 https://doi.org/10.15421/2020_161 [in Ukrainian].

22. Gerasko T., Tymoshchuk T., Moisiienko V., Hrytsiuk N., Alekseeva T. Phytocoenotic assessment of herbaceous plant communities in the organic sweet cherry orchard. *Scientific Horizons*. 2024. № 27 (5), P. 32–50. <https://doi.org/10.48077/scihor5.2024.32> [in Ukrainian].

23. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., & Kotkova, T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. (2023). 26 (3), C. 48–57. <https://doi.org/110.48077/scihor3.2023.48> [in Ukrainian].

24. Nichols V., Verulst N., Cox R., Govaerts B. Weed dynamic sand conservation agriculture principles. *Field Crops Res*. 2015. Vol. 183. P. 56–68. <https://doi.org/110.1016/j.fcr.2015.07.012> [in Ukrainian].

25. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., Opryshko, V. P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Basics of scientific research in agronomy] : Pidruchnyk. Vinnytsia: PP «TD «Edelweis i K»» [in Ukrainian].

**О. М. Ляховський**

аспірант кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)
E-mail: kiv1000@ukr.net

І. В. Крикунов

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри захисту і карантину рослин,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: cacoru06071998@gmail.com



ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КАЛІФОРНІЙСЬКОЇ ЩИТІВКИ (*QUADRASPIDIOTUS PERNICIOSUS* COMST.) В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті висвітлені питання шкідливості та поширення – каліфорнійської щитівки (*Quadraspidotus perniciosus* Comst.) в плодкових насадженнях України. Встановлено, що тісний зв'язок *Q. perniciosus* з рослинами, дрібні розміри, скритий спосіб життя, багатоїдність, висока плодючість і екологічна пластичність дозволяє цьому шкіднику широко розповсюджуватися і, незважаючи на щорічні захисні заходи, ареал каліфорнійської щитівки дедалі розширюється на території України, що зумовлено відсутністю стійких проти неї сортів плодкових, високоефективних хімічних препаратів для застосування як у колективних, так і присадибних господарствах. Проаналізовано питання пошуку можливостей з удосконалення заходів обмеження чисельності шкідника, шляхом уточнення біологічних особливостей розвитку каліфорнійської щитівки з урахуванням кліматичних змін які відбуваються на території України, з метою визначення більш точних строків проведення захисних заходів для регуляції її чисельності. Моніторинг виходу і розселення личинок каліфорнійської щитівки є одним із найбільш необхідних елементів системи заходів, тому, що по виходу личинок мандрівниць каліфорнійської щитівки плануються строки обробок хімічними препаратами.

З'ясовано, що частина зимуючих личинок каліфорнійської щитівки навесні не активізується, а залишається в стані діпаузи упродовж усього вегетаційного періоду. Отримані дані по середньодобовій температурі повітря, з якої почався розвиток шкідника після зимівлі. Встановлено за допомогою смужок з хлорвінілової стрічки, які намазували клеєм «Пестифікс», календарні строки виходу личинок мандрівниць першого і другого покоління, вивчена динаміка виходу личинок, тривалість розвитку окремих стадій шкідника залежно від щільності популяцій, визначена відповідна сума ефективних температур на початок виходу личинок мандрівниць з метою встановлення більш точних дат проведення захисних заходів для регуляції чисельності цього шкідника в екосистемі плодкових культур.

Ключові слова: каліфорнійська щитівка, личинки мандрівниці, плодіві культури, біологічні особливості розвитку, сума ефективних температур.

O. M. Lyakhovskiy

Graduate student of Agricultural Sciences,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: kiv1000@ukr.net

I. V. Krykunov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Plant Protection and Quarantine,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: cacopu06071998@gmail.com

STUDY OF BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SAN JOSE SCALE (*QUADRASPIDIOTUS PERNICIOSUS* COMST.) UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

*The article addresses the issues of the harm and spread of San Jose scale (*Quadraspidotus perniciosus* Comst.) in fruit orchards of Ukraine. It has been established that the close relationship of *Q. perniciosus* with plants, its small size, concealed lifestyle, polyphagy, high fecundity, and ecological plasticity allow this pest to spread widely. Despite annual protective measures, the range of the San Jose scale continues to expand in Ukraine. This is due to the absence of fruit varieties resistant to the pest, as well as the lack of highly effective chemical agents for use in both collective and household gardens. The article analyzes ways to improve measures to limit the pest's population by refining the biological features of *Q. perniciosus* development, taking into account climatic changes in Ukraine, to determine more accurate timings for protective measures aimed at regulating its population. Monitoring the emergence and dispersal of *Q. perniciosus* larvae is one of the most necessary elements in the system of measures because chemical treatments are scheduled based on the emergence of San Jose scale crawler larvae. It was also found that some of the overwintering larvae stay in a dormant state throughout the growing season, rather than becoming active in spring. Using chlorovinyl tape coated with "Pestifix" glue, researchers tracked the emergence of the first and second generations of larvae. They analyzed the timing, the pace of larval emergence, and the stages of the pest's development, depending on population density. By calculating the required sum of effective temperatures for larval emergence, they were able to determine more accurate dates for protective treatments.*

Key words: San Jose scale, caterpillar larvae, fruit crops, biological features of development, sum of effective temperatures.

Постановка проблеми. Каліфорнійська щитівка є одним із найнебезпечніших фітофагів плодових культур, у тому числі і яблуні. Її виявлено у 41,5% плодових насаджень та 32,7% розсадників України. Вогнища щитівки зареєстровано в експлуатаційних садах у 19 областях України. Тільки в садах Черкаської області заселеність щитівкою становить 89% усіх площ, пошкодженість плодів – 65–80% [8, 10].

Каліфорнійська щитівка – поліфаг, відноситься до групи регульовані некарантинні шкідливі організми, пошкоджує близько 270 видів рослин з 84 родин, серед яких плодови, ягідні, лісодекоративні. Шкідник пошкоджує всі надземні частини рослини – стовбур, гілки, листя, плоди, надаючи перевагу ділянкам з тонкою неокорковою корою, на кореневій системі живе тільки в тому випадку, коли корені оголені [7].

Тісний зв'язок каліфорнійської щитівки з рослинами, дрібні розміри, багатодітність, висока плодючість і екологічна пластичність дозволяють цьому шкіднику широко розповсюджуватися і, незважаючи на щорічні захисні заходи, ареал каліфорнійської щитівки дедалі розширюється на території країни, що зумовлено відсутністю стійких проти неї сортів плодових, високоефективних хімічних препаратів для застосування як у колективних, так і присадибних господарствах [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення садових шкідників з групи щитівок почалося в 80-х роках минулого сторіччя. Спустошення яблуневих садів на тисячах гектарів у США щитівкою, названою згодом каліфорнійською, змусило американських ентомологів зайнятися вивченням її способу життя і шкідливості. З появою шкідника в садах Європи та Америки почалися роботи по вивченню щитівок

і розробці заходів з регуляції її чисельності на цих континентах [1, 5].

Вперше каліфорнійську щитівку описав у Каліфорнії (США) в 1881 р. американський ентомолог Джон Генрі Комсток (J. H. Comstock 1849–1931,) вже після нанесеної значної шкоди яблуневим садам, особливо в окрузі Сан-Жозе (San-Jose). [2, 5].

Перші вогнища каліфорнійської щитівки в Черкаській області виявлено в м. Черкаси у 1970 р. У 1975 р. цей шкідник був виявлений у приватному саду м. Городище [8].

Метою статті є уточнення біологічних особливостей розвитку каліфорнійської щитівки в умовах Правобережного Лісостепу України з метою визначення більш точних строків проведення захисних заходів з регуляції її чисельності.

Методика дослідження. Обліки та спостереження проводили у навчально-дослідних насадженнях зимових сортів яблуні Уманського національного університету садівництва в 2023–2024 рр. Сорти – Джонаголд, Айдаред, Ренет Семеренка, Голден Делішес. Щільність садіння – 2×5 м та 2×4 м. Кількість повторностей – 5, по одному обліковому дереві в кожній повторності. Варіанти розміщено рендомізовано. Особливості розвитку каліфорнійської щитівки вивчали упродовж квітня – жовтня. Появу самців виявляли з допомогою сигнальних феромонних пасток. З облікових дерев, заселених щитівкою, через кожних 5 днів зрізали кору з щитками завдовжки 10 см і в лабораторії під бінокулярним визначали стан розвитку фітофага, користуючись загальноприйнятими методами з ентомології і захисту рослин [4, 6]. З появою перших ознак формування личинок, щитки оглядали щоденно і відмічали день виходу мандрівниць.

Суму ефективних температур повітря визначали за даними Уманської метеостанції.

Результати досліджень. Вивчаючи біологічні особливості каліфорнійської щитівки, було встановлено, що в роки досліджень вона розвивалася в двох повних поколіннях і в третьому неповному (факультативному).

Розвиток личинок після зимівлі в роки досліджень починався в період набубнявіння квіткових бруньок на деревах, коли середньодобова температура повітря становила плюс 7,3°C (початок I декади квітня).

За даними багатьох дослідників [3, 5], личинки, що перезимували, розвиваються при досягненні середньодобової температури плюс 7,5°C.

Виявлено, що частина зимуючих личинок каліфорнійської щитівки навесні не активізується, а залишається в стані діпаузи упродовж усього вегетаційного періоду. У 2023–2024 роках початок вильоту самців каліфорнійської щитівки першого покоління зафіксовано в третій декаді квітня – першій декаді травня. Сума ефективних температур повітря (понад 7,3°C) на початок вильоту коливалась від 73,4°C (2023 р.) до 110,4°C (2024 р.) (табл. 1).

Масовий літ самців щитівки першого покоління спостерігався на 13–14-й день, тривалість льоту самців першого покоління в середньому за два роки досліджень становила 28 діб. Перша поява у феромонних пастках самців каліфорнійської щитівки другого покоління відмічена в першій – другій декаді липня при сумі ефективних температур 883,7–921,3°C, масовий літ самців почався через 8–12 діб, тривалість льоту у 2023 році становила 22 доби, в 2024 році лише 18 діб, що зумовлено більш високими темпами накопичення ефективних температур повітря.

Через 31–37 діб після початку льоту самців, спостерігався початок відродження личинок – мандрівниць першого покоління. У 2023 році мандрівниці першого покоління почали відроджуватись 8 червня при сумі ефективних температур 386,7°C тривалість виходу личинок становила 20 діб, у 2024 році поява мандрівниць відмічена 29 травня, сума ефективних температур на цей час становила 408,6°C тривалість виходу становила 16 діб (табл. 2).

Дорослі особини каліфорнійської щитівки першого покоління відмічені у II декаді липня. Личинки – мандрівниці другого покоління появляються в кінці липня на початку серпня.

Відродження мандрівниць другого покоління почалося 8 серпня 2023 року при сумі ефективних температур 1207,5°C, і 25 липня 2024 року при сумі ефективних температур 1286,2°C, середня тривалість виходу личинок другого покоління за два роки досліджень становила 15 днів. У 2024 році спостерігали літ самців третього покоління (з 28.08 по 17.09). Цьому сприяла посушлива спекотна погода в серпні та вересні, але відродження личинок–мандрівниць не спостерігалось.

З даних таблиці 2 видно, що календарні строки початку відродження личинок першого і другого покоління каліфорнійської щитівки за роками досліджень мають суттєві відмінності, тому на практиці не слід користуватися цими показниками для визначення строків проведення обприскувань. Суму ефективних температур можна використовувати як орієнтир для проведення захисних заходів.

Слід також зазначити, що календарні строки появи личинок –мандрівниць на яблуні повністю збігалися зі строками розвитку цього шкідника на черешні, груші та сливі. Отже, культура не має

Таблиця 1

Динаміка льоту самців каліфорнійської щитівки

Роки досліджень	Перше покоління			Друге покоління				
	початок вильоту самців	СЕТ*, (°C)	початок масового вильоту самців	тривалість льоту самців, (діб)	початок вильоту самців	СЕТ*, (°C)	початок масового вильоту самців	тривалість льоту самців, (діб)
2023	08.05	73,4	22.05	29	15.07	883,7	27.07	22
2024	22.04	110,4	05.05	27	05.07	921,3	13.07	18
Середнє	01.05	91,9	14.05	28	10.07	902,5	20.07	20

* – сума ефективних температур повітря понад 7,3°C

Таблиця 2

Динаміка виходу личинок мандрівниць каліфорнійської щитівки

Роки досліджень	Перше покоління			Друге покоління		
	початок відродження личинок	СЕТ*, (°C)	тривалість виходу личинок, (діб)	початок відродження личинок	СЕТ*, (°C)	тривалість виходу личинок, (діб)
2023	08.06	386,7	20	8.08	1207,5	17
2024	29.05	408,6	16	25.07	1286,2	12
Середнє	03.06	347,7	18	01.08	1246,9	15

* – сума ефективних температур повітря понад 7,3°C

значного впливу на розвиток каліфорнійської щитівки. Усі фази розвитку шкідника на всіх зазначених культурах відбуваються практично одночасно.

При вивченні питання тривалості розвитку окремих стадій шкідника залежно від щільності популяцій було встановлено, що різниця варіювала в межах одного – двох днів.

Так, відродження мандрівниць на гілочках з чисельністю 2–10 особин на 1см² почалося на дві доби раніше, ніж на гілочках із щільністю 20–30 особин на 1см². Тривалість стадії личинки – мандрівниці становила в обох випадках від 6 до 20 годин, стадія білого щитка тривала три – чотири доби. Появу сірого щитка спостерігали на третій – п'ятий день після присмокування.

Висновки. В умовах Правобережного Лісостепу України розвиток личинок каліфорнійської щитівки після зимівлі починається при середньодобовій температурі повітря 7,3°C. Літ самців першого покоління починається у третій декаді квітня – першій декаді травня, другого – в першій – другій декаді липня. Сума ефективних температур повітря на початок вильоту становить відповідно 73,4–110,4°C і 883,7–921,3°C. Поява личинок мандрівниць першого покоління припадає на кінець травня – початок червня, при сумі ефективних температур 386,7–408,6°C, другого – третя декада липня – перша декада серпня (1207,5–1286,2°C).

Для визначення строків застосування інсектицидів важливим є моніторинг динаміки відродження личинок мандрівниць першого і другого покоління каліфорнійської щитівки. Найбільш точним та доступним методом є використання суми ефективних температур, орієнтуватися на календарні строки розвитку каліфорнійської щитівки для визначення дат проведення обприскувань не слід так як вони мають суттєві відмінності за роками.

Література

1. Amber, K. Control of San Jose scale in tart cherry, 2023. Entomological Society of America. Arthropod Management Tests, 2024. 49(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1093/amt/tsad140>
2. Golan, K., Kot, I., Kmiec, K., Górska-Drabik, E. Approaches to integrated pest management in orchards: *Comstockaspis perniciosus* (Comstock) case study. Agriculture, 2023. 13(1), 131 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010131>
3. Golan, K. Contribution to the knowledge of the San José scale (Hemiptera, Coccoomorpha, Diaspididae) in Poland. Polish J. Entomol, 2020. 89, pp. 7–19. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0288
4. Deligeorgidis, N. P., Kayoglou, S., Sidiropoulos, G. Monitoring and Control of *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) Hemiptera: Diaspididae on Apple Trees in the Prefecture of Florina, Greece. Journal of Entomology, 2008. 5 (6), pp. 381–388.
5. Мовчан О.М. Карантинні шкідливі організми: підручник. Київ : Світ, 2002. Ч. 1. 288 с.

6. Станкевич С.В., Горновська С.В. Методи виявлення, збору та зберігання комах: навч. посіб. / Житомир: Видавництво «Рута», 2022. 140 с.

7. Станкевич С.В., Леженіна І. П., Забродіна І. В. Регульовані некарантинні шкідливі організми: навч. посіб. / Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Харків: Видавництво Іванченка І. С., 2022. 76 с.

8. Хоменко І.І. Захист зерняткових садів у Центральному Лісостепу України. Київ : Фенікс, 1996. 240 с.

9. Яновський Ю.П. Довідник із захисту плодових культур. Київ: Фенікс, 2019. 472 с.

10. Яновський Ю. П. Програма захисту плодових культур. Київ : Фенікс, 2021. 146 с.

References

1. Amber, K. (2024). Control of San Jose scale in tart cherry, 2023. Entomological Society of America. Arthropod Management Tests, 49(1), pp. 1–8 <https://doi.org/10.1093/amt/tsad140>
2. Golan, K., Kot, I., Kmiec, K., Górska-Drabik, E. (2023). Approaches to integrated pest management in orchards: *Comstockaspis perniciosus* (Comstock) case study. Agriculture 13(1), 131 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010131>
3. Golan, K. (2020). Contribution to the knowledge of the San José scale (Hemiptera, Coccoomorpha, Diaspididae) in Poland. Polish J. Entomol, 89, pp. 7–19. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0288
4. Deligeorgidis, N. P., Kayoglou, S., Sidiropoulos, G. (2008). Monitoring and Control of *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) Hemiptera: Diaspididae on Apple Trees in the Prefecture of Florina, Greece. Journal of Entomology 5 (6), pp. 381–388.
5. Movchan O.M. (2002). Karantynni shkidlyvi orhanizmy: pidruchnyk. [Quarantine harmful organisms: a textbook]. Kyiv: World. p. 1. 288 p. [in Ukrainian].
6. Stankevych, S. V., Hornovska, S. V. (2022). Metody vyivlennia, zboru ta zberihannia komakh: navchalnyi posibnyk [Methods of detecting, collecting and storing insects: a study guide]. Zhytomyr: Vydavnytstvo «Ruta», 140 p. [in Ukrainian].
7. Stankevych S.V., Lezhenina I. P., Zabrodina I. V. (2022). Rehulovani nekarantynni shkidlyvi orhanizmy: navch. posib. [Regulated non-quarantine pests: a textbook]. Kharkiv. National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva – Kharkiv: Publishing House I. S. Ivanchenko. 272 p. [in Ukrainian].
8. Khomenko I.I. (1996). Zakhyst zerniatkovykh sadiv u Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy. [Protection of seed orchards in the Central Forest-Steppe of Ukraine: a monograph]. Kyiv: Phoenix. 240 p. [in Ukrainian].
9. Ianovskyi Yu.P. (2019). Dovidnyk iz zakhystu plodovykh kultur. [Handbook on the protection of fruit crops]. Kyiv: Phoenix. 472 p. [in Ukrainian].
10. Ianovskyi Yu. P. (2021). Prohrama zakhystu plodovykh kultur. [Program for the protection of fruit crops: a monograph]. Kyiv: Phoenix. 146 p. [in Ukrainian].

**С. Г. Хаблак**

доктор біологічних наук,
доцент,
Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: sergeyhab211981@gmail.com

В. М. Спичак

аспірант,
Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: 0672319956@ukr.net



ЗАРАЖЕННЯ ВОВЧКОМ (*Orobanche cumana* WALLR.) РІЗНИХ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ З НЕОДНАКОВОЮ СТІЙКІСТЮ ДО ПАРАЗИТУ

Проведено вивчення процесу зараження *Orobanche cumana* різних гібридів соняшнику з неоднаковою стійкістю до паразиту для оцінки клітинних механізмів резистентності. При зараженні вовчком реакція резистентності гібридів соняшнику не відбувалася на ранніх стадіях життєвого циклу паразита: перед прикріпленням, після проростання та прикріплення до коренів (до утворення гаусторія) і після формування гаусторія. Отримані результати свідчать про те, що усі гібриди соняшнику уражувалися патогеном. Проте ступінь зараження вовчком соняшнику була різною і залежала від неоднакової резистентності гібридів. Гібридів соняшнику, що мали повний імунітет до *Orobanche cumana*, не було виявлено. Усі досліджувані гібриди соняшнику мали різну постгаусторіальну стійкість до паразиту, коли частина гаусторіїв вовчка гинула після виникнення гіперчутливої реакції, а частина їх встановлювала ефективні судинні зв'язки з господарем і далі розвивалася у бруньки, які перетворювалися пізніше у квітконосні стебла, що виносили суцвіття на поверхню ґрунту. Вивчення процесу зараження вовчком різних гібридів соняшнику з неоднаковою стійкістю до паразиту на ранніх етапах інфікування свідчить про можливість використання даного підходу у селекції соняшнику для вивчення резистентності рослин до патогена і спостереження ранніх стадій взаємодії між паразитичною рослиною та її господарем від індукції проростання насіння до стадії горбика та оцінювання гібридів і селекційного матеріалу. Процес інфікування клітин і виникнення зворотних імунних відповідей у рослин при зараженні патогенами має схожі риси і однотипний перебіг захисних реакцій. Етапи зараження вовчком соняшника відбуваються у часі дуже точно і скориговано. Як правило, проникнення вовчка при прегаусторіальній резистентності зупиняється в корі кореня соняшника на 7–10 день і пов'язано з потемнінням проростків паразита і їх поступовим відмиранням. При постгаусторіальній стійкості рух патогена гальмується в ендодермі або після досягнення центрального циліндра на 15–20 день та викликає некроз горбиків, що не дає встановити ефективні судинні зв'язки з господарем.

Ключові слова: *Orobanche cumana*, раса, соняшник, паразит, гібрид, коренева система, зараження, соняшник, клітина, клітинна стінка, резистентність.

S. H. Khablak

Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor,
Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: sergeyhab211981@gmail.com

V. M. Spychak

Postgraduate student,
Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: 0672319956@ukr.net

INFECTION OF DIFFERENT SUNFLOWER HYBRIDS WITH DIFFERENT RESISTANCE TO THE PARASITE BY BROODRAPE (*Orobanche cumana* WALLR.)

The process of infection of different sunflower hybrids with different resistance to the parasite by *Orobanche cumana* was studied to evaluate the cellular mechanisms of resistance. When infected with broodrape, the resistance reaction of sunflower

hybrids did not occur at the early stages of the parasite life cycle: before attachment, after germination and attachment to roots (before the formation of haustoria) and after the formation of haustoria. The results obtained indicate that all sunflower hybrids were affected by the pathogen. However, the degree of infection with sunflower broomrape was different and depended on the unequal resistance of the hybrids. There were no sunflower hybrids with complete immunity to *Orobanche cumana*. All sunflower hybrids under study had different post-gaustorial resistance to the parasite, when some of the broomrape haustoria died after a hypersensitive reaction, and some of them established effective vascular connections with the host and further developed into buds, which later turned into flower-bearing stems that brought inflorescences to the soil surface. The study of broomrape infection of different sunflower hybrids with different resistance to the parasite in the early stages of infection indicates the possibility of using this approach in sunflower breeding to study plant resistance to the pathogen and observe the early stages of interaction between the parasitic plant and its host from the induction of seed germination to the tubercle stage and evaluate hybrids and breeding material. The process of infection of cells and the emergence of reverse immune responses in plants when infected with pathogens has similar features and a similar course of defense reactions. The stages of sunflower broomrape infection are very precise and adjusted in time. As a rule, the penetration of broomrape with pre-gaustorial resistance stops in the sunflower root cortex for 7–10 days and is associated with darkening of the parasite seedlings and their gradual death. With post-gaustorial resistance, the pathogen's movement is inhibited in the endodermis or after reaching the central cylinder on day 15–20 and causes necrosis of the tubercles, which prevents the establishment of effective vascular connections with the host.

Key words: *Orobanche cumana*, race, sunflower, parasite, hybrid, root system, infection, sunflower, cell, cell wall, resistance.

Постановка проблеми. Останніми роками в Україні спостерігається ураження вовчком гібридів соняшнику, що мають стійкість до рас E, F і G. З північного Степу України ураження вовчком активно переміщується до центральних, північних і західних регіонів країни. Це обумовлено появою на цих територіях нових осередків і рас паразиту. Нині проблема шкідливості вовчка має світове значення [1].

Згідно з поточною статистикою досліджень найкращим способом зменшити шкоду від вовчка є створення стійких гібридів соняшнику. Для цього необхідно проводити молекулярні і клітинні дослідження взаємодії між соняшником і патогеном для встановлення клітинних механізмів стійкості культури до паразита.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Щоб зрозуміти основу механізмів резистентності соняшнику до вовчка, потрібно з'ясувати структуру системи вродженого імунітету рослин. Рослини розвинули складну систему захисту від різноманітних шкідників і патогенів. Коли патогени долають механічні бар'єри для інфекції, рослинні рецептори ініціюють сигнальні шляхи, керуючи експресією генів захисної реакції. Імунна система рослин покладається на свою здатність розпізнавати ворожі молекули, здійснювати передачу сигналів і зворотньо реагувати за допомогою шляхів, що включають багато генів та їх продуктів. Патогени активно намагаються уникнути багатокомпонентну імунну систему рослин [3].

Дослідження молекулярних основ резистентності рослин до патогенів дозволяє виявити набір клітинних рецепторів, які здійснюють пряме виявлення патогенних молекул. Рецептори розпізнавання патернів (PRR) у клітинній мембрані виявляють пов'язані з патогенами молекулярні патерни (PAMP), а асоційовані зі стінкою кінази (WAK) визначають молекулярні патерни, пов'язані з пошкодженням (DAMP), які є результатом пошкодження клітин під час інфекції [12].

Рецепторні R білки з нуклеотидзв'язуючими доменами та багатьма на лейцин повторами (NLRs) виявляють ефектори, які патогени використовують для полегшення інфекції. PRR, WAK і NLR ініціюють один із багатьох сигнальних каскадів PTI імунітету, які ще не повністю з'ясовані.

Мітоген-активовані протеїнкінази (МАРК), G-білки, убіквітин, кальцій, гормони, фактори транскрипції (TF) і епігенетичні модифікації регулюють експресію генів, пов'язаних з патогенозом (PR) [10]. Це призводить до різних реакцій, які запобігають подальшому зараженню: виробництво активних форм кисню (ROS), модифікації клітинної стінки, закриття продихів або виробництво різних білків і сполук проти патогенів (наприклад, хітинази, протеази, інгібітори, дефензини та фітоалексини), реакції гіперчутливості (HR) [3].

Щоб подолати бар'єр клітинної стінки рослин, патогени виробляють ферменти CWDE для розкладання полісахаридів клітинної стінки рослин, що призводить до вивільнення олігосахаридів клітинної стінки, таких як целодекстрини та целюбіоза з целюлози, олігогалактуранових кислот із пектину, олігосахаридів ксилоглюкану, 3,3'-O-арабінофуранозил-ксилотетраози (ХА3ХХ) з арабіноінксилану та D-целюбіозил-(1,3)-β-D-глюкози (MLG43) зі змішаних глюканів [13].

Олігосахариди, отримані з клітинної стінки, функціонують як еліситори, які розпізнаються рецептором розпізнавання образів (PRR), включаючи WAK, CERK1 і СЕВіР, щоб викликати РТІ імунну відповідь. Целодекстрини, отримані з целюлози, індують підвищення вільного цитозольного кальцію, генерацію ROS і активацію генів PR. Олігогалактуранові кислоти, отримані з пектину, сприймаються WAK1 для активації каскаду МАРК, який, у свою чергу, підвищує вільний цитозольний кальцій і сприяє утворенню ROS (Yang et al., 2021).

У рослин трисахарид 3-1-β-D-целюбіозилглюкоза (MLG43) і тетрасахарид 3-1-β-D-целлотріозилглюкоза (MLG443) сприймаються комплексом OsCERK1-OsCEVіР, що призводить до вибуху АФК, активації МАРК та експресії імуночувливих генів. Ксилоглюканові олігосахариди здатні активувати МАРК-каскад, відкладення калози, експресію генів PR і посилювати біосинтез гормонів. ХА3ХХ з арабіноінксилану здатний ініціювати приплив Са²⁺, вибух АФК, фосфорилування МАРК і експресію пов'язаних з РТІ генів [14].

Розпізнавання рослини-паразита хазяїном має ключове значення для стійкості.

Патогенно-асоційовані молекулярні мотиви (PAMP) патогена розпізнаються толл-подібними рецепторами (TLR) та іншими рецепторами розпізнавання образів (PRR) як у рослин, так і у тварин. Це дозволяє вродженій імунній системі РТІ розпізнавати патогени, і таким чином захищати господаря від інфекції [11].

Кілька специфічних поверхневих рецепторних білків були ідентифіковані у стійких господарів. Одним із таких є рецептор CUSCUTA 1 (CuRe1) у *Solanum lycopersicum*, який, як виявилось, є важливим фактором, хоча й не єдиним, відповідальним за резистентність господаря до *Cuscuta*. Не маючи домену внутрішньоклітинної кінази, CuRe1 асоціюється принаймні з двома адапторними кіназами SOBIR1 для сприяння передачі сигналу [2].

У соняшнику також був ідентифікований передбачуваний специфічний цитозольний рецептор для *O. cumanana* HaOr7, який також був охарактеризований як багата лейцином повторна рецептороподібна кіназа. Ген HaOr7 кодує збагачену лейцином повторну (LRR) рецептороподібну кіназу. Повний білок HAOR7 присутній у стійких лініях соняшнику та запобігає з'єднанню *O. cumanana* з судинною системою коренів соняшнику, тоді як сприйнятливі лінії кодують усічений білок, у якому відсутні трансмембранний і кіназний домени [4]. Ген OrDeb2 надає *Orobancha cumanana* стійкість після прикріплення гаусторія та знаходиться в геномному інтервалі 1,38 Мбіт, що містить кластер генів рецептороподібних кіназ [5].

Перші гени стійкості соняшнику до вовчка були названі від Or1 до Or5 за стійкість до рас А-Е відповідно. Однак, у наслідок селективного тиску моногенетичну резистентність було подолано новими більш вірулентними расами паразита, названими F, G і H. На сьогодні основні гени стійкості до вовчка розташовані на трьох хромосомах соняшнику: Chr 3 (Or5), Chr 7 (HaOr7) і Chr 4 (Or Deb2, Or SII, Or Anom1). Ген Or5 надає стійкість до раси E, ген HaOr7 визначає резистентність до раси F, а гени Or SII, Or Deb2, Or Anom1 обумовлюють постгаусторіальну стійкість до раси G [6].

Ген Or SII, що забезпечує постгаусторіальну стійкість до рас F і G, розташований у тісно пов'язаній позиції з геном Or Deb2 у хромосомі Chr 4. Область Chr 4 гена Or Anom1 містить локус стійкості до вовчка з різними дуже близькими генами або генними алелями, що походять від різних диких родичів, включаючи *H. anomalous* і *H. debilis*. Геномне розташування Or Anom1 та Or Deb2 у цьому локусі відповідає кластеру тісно пов'язаних генів резистентності, чи це один ген із декількома алелями. Інтрогресовані гени стійкості від різних диких родичів сільськогосподарських культур, що скупчуються в одній геномній області, також були описані в соняшнику для генів Pl, що забезпечують стійкість до пероноспорозу, спричиненого оомицетними грибами [5].

Метою статті є вивчення процесу зараження вовчком різних гібридів соняшнику

з неоднаковою стійкістю до паразиту для оцінки клітинних механізмів резистентності.

Методика дослідження. Об'єктом для досліджень у вегетаційних дослідах було насіння вовчка. Зразки насіння паразита були зібрані на окремих, найбільш заражених полях соняшнику в Лісостепу і Поліссі. Для дослідження процесу зараження і механізмів резистентності до вовчка використовували гібриди соняшнику селекції компанії Піонер: P63LL06, P64LC108 (XF 6003), P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, P64LE25 (SX 9004), P64LE99 (XF 9002).

Оцінку на стійкість гібридів соняшнику до вовчка проводили у ґрунтовій культурі за модифікованою методикою та рулонним методом пророщування насіння [7]. Рулонний метод пророщування насіння вовчка полягав у можливості спільного пророщування проростків соняшнику з насінням вовчка в рулонах фільтрувального паперу.

Визначення фенологічних стадій *Orobancha cumanana*, на яких відбувається зараження або виникає резистентність гібридів соняшнику до патогена, проводили, використовуючи метод ризотрона (прозорі ящики з оргскла), який дає змогу протягом кількох тижнів стежити за вовчком на коренях соняшнику та спостерігати ранні стадії, такі як сумісні/несумісні прикріплення, розвиток горбиків і некроз горбиків [8].

Проростки соняшнику, заражені *O. cumanana*, вирощували в ризотронах, що склалися з прозорих ящиків з оргскла, що містили шар мінеральної вати та паперу, злитого поживним розчином. На відміну від вирощування в полі, використання ризотронів для культивування соняшнику, зараженого *O. cumanana*, дозволяє спостерігати ранні стадії взаємодії між паразитичною рослиною та її господарем від індукції проростання насіння патогена до стадії горбика. Стійкість у зразків соняшнику можна охарактеризувати на етапу до прикріплення до хазяїна, на стадії прикріплення до утворення гаусторія (сумісні/несумісні) та на стадії горбиків після формування гаусторія (кількісне визначення кількості горбків і некроз горбків). Поява горбиків визначалося як період після утворення гаусторія і встановлення судинних зв'язків. Кількість горбиків на коренях соняшнику дозволяє на ранній стадії в постгаусторіальний період відрізнити сприйнятливі та стійкі генотипи соняшнику.

Спостереження за проникненням паразита до прикріплення до хазяїна та в прегаусторіальний період проводили від 4 до 10 днів після зараження. Вовчок рідко проникає в корінь господаря до 6 днів, тоді як більшість гаусторіїв досягають внутрішніх тканин кореня (внутрішня кора до судин) через 8 днів. Перші прикріплення та перші горбики були видимі через 8 днів та 15–20 днів після зараження відповідно. Розвиток бруньок з горбиків можна було спостерігати після одного місяця культивування. Варіабельність кількості горбиків спостерігалася через три тижні культивування в ризотроні.

Коріння соняшнику досліджували в постгаусторіальний період на 14, 21, 28, і 35 день після зараження під стереоскопічним мікроскопом «МБС-10» для визначення загальної кількості та стадії розвитку прикріплень до коренів соняшнику та кількості некротичних прикріплень. Етапи визначення фенологічних стадій *Orobanche cymana* на яких відбувається зараження або виникає резистентність гібридів соняшнику базувалися на наступній класифікації із невеличкими змінами [9]. Використовувалися такі стадії розвитку: T00: відсутність проростання насіння вовчка, T0: відсутність прикріплення; T1: прикріплення сформовано, але фактичний горбик ще не видно; T2: горбик діаметром менше 1 мм; T3: горбик діаметром більше 1 мм і без видимих стеблових бруньок; T4: горбик із уже сформованими стебловими бруньками або ранніми стадіями росту стебла. T00 – стадія до прикріплення до хазяїна, T0, T1 – прегаусторіальний етап, T2, T3, T4 – постгаусторіальний період.

Основні результати дослідження. Стійкість гібридів соняшнику до вовчка може виникати на різних етапах життєвого циклу паразита: до прикріплення до хазяїна, під час проникнення в корінь або після встановлення судинних зв'язків. Визначення фенологічної стадії *Orobanche cymana*, на якій відбувається зараження або виникає резистентність гібридів соняшнику до патогена, має вирішальне значення для розуміння механізмів стійкості до паразиту. Ми перевірили у дослідженні чи можна цей підхід використовувати у селекції соняшнику для вивчення резистентності рослин до вовчка і спостерігати ранні стадії взаємодії між паразитичною рослиною та її господарем від індукції проростання насіння патогена до стадії горбика та оцінювати гібриди і селекційний матеріал.

Вивчення процесу зараження вовчком гібридів соняшнику з неоднаковою стійкістю до паразиту показали, що усі гібриди уражувалися

паразитом. Гібридів соняшнику, що мали повний імунітет до *Orobanche cymana*, не було виявлено. Проте ступінь зараження вовчком соняшнику була різною і залежала від неоднакової резистентності гібридів (табл. 1).

Механізми стійкості можуть діяти на різних етапах розвитку соняшника та зупиняють патогена в корі кореня, в ентодермі або після досягнення центрального циліндра. Як правило, проникнення вовчка при прегаусторіальний резистентності зупиняється в корі кореня соняшника на 7–10 день і пов'язано з потемнінням проростків паразита і їх поступовим відмиранням. При постгаусторіальний стійкості рух патогена гальмується в ентодермі або після досягнення центрального циліндра на 15–20 день та викликає некроз горбиків, що не дає встановити ефективні судинні зв'язки з господарем.

У гібридів соняшнику в прегаусторіальний і постгаусторіальний періоди можуть виникати різні механізми стійкості від паразита вовчка: розвиток фізичних бар'єрів, таких як лігніфікація, суберизація, поперечне зшивання білків і накопичення калози, які перешкоджають проникненню паразитичних інвазійних структур, а також виробництво захисних білків і хімічних сполук, таких як фенольні речовини, що є токсичними для патогена. У гібридів реакція резистентності соняшнику не почалася на ранніх стадіях життєвого циклу вовчка: на етапу до прикріплення до хазяїна, на стадії прикріплення до утворення гаусторія та на стадії горбиків після формування гаусторія.

Усі досліджувані гібриди соняшнику мали різну постгаусторіальну стійкість до паразиту, коли частина гаусторіїв вовчка гинуло після виникнення гіперчутливої реакції, а частина їх встановлювало ефективні судинні зв'язки з господарем і далі розвивалися у потовщення, що виникало на корені рослини-господаря, яке вкривалося горбиками, котрі надавали йому вигляду зірочки. Згодом на протилежному кінці

Таблиця 1

Ступінь ураження гібридів соняшнику вовчком

Гібрид	Селекція	Стійкість до вовчка	Кількість протестованих рослин, шт	Уражених, рослин, %	Ступінь ураження вовчком	Кількість бульбочок вовчка на 1 уражену рослину (середнє значення)
P63LL06	Pioneer	A-E	20	100	сильне	12±0,8
P64LC108 (XF 6003)	Pioneer	A-G	18	70	слабке	3±0,3
P64LL125 (XF 13406)	Pioneer	A-E + система 2	20	91	середнє	5±0,4
P63LE113 (XF 9026)	Pioneer	A-E + система 2	15	92	середнє	6±0,5
P64HH106 (XF 13707)	Pioneer	A-G	20	78	слабке	2,0±0,4
PR 64F66	Pioneer	A-G	17	82	слабке	2,7±0,3
P64LE25 (SX 9004)	Pioneer	A-E + система 2	20	94	середнє	4±0,6
P64LE99 (XF 9002)	Pioneer	A-E + система 2	20	90	середнє	6±0,4
HIP ₀₅						1,1

зірочки утворювалася брунька, що була вкрита численними лусочками, які перетворювалися пізніше на видозмінені листки. Надалі брунька розвивалася у квітконосне стебло, що виносить суцвіття на поверхню ґрунту. Перші прикріплення на коренях вовчка відбувалися на 7–10 день, а некроз горбиків спостерігався з 15–20 дня. Спочатку уражувалися тканини горбика на межі з корінням хазяїна, потім некроз поширювався на всі тканини паразита. Розвиток бруньок з горбиків можна було спостерігати після одного місяця культивування.

Висновки. Вивчення процесу зараження вовчком різних гібридів соняшнику з неоднаковою стійкістю до паразиту на ранніх етапах зараження свідчить про можливість використання даного підходу у селекції соняшнику для дослідження резистентності рослин до патогена і спостереження ранніх стадій взаємодії між паразитичною рослиною та її господарем від індукції проростання насіння до стадії горбика та оцінювання гібридів і селекційного матеріалу.

Механізми постауторіальної резистентності соняшнику від вовчка притаманні гібридам, резистентним до 5 (E), 6 (F) і 7 (G) рас паразита. Для них характерно, як правило, проходження гіперчутливої реакції і некроз клітин-господаря у місці інфікування, що перешкоджає успішному проникненню та живленню паразита. Гібриди компанії Сингента, що стійкі до 6 раси (F) вовчка, мають зазвичай ген *HaOr 7*. Цей ген кодує рецептороподібну кіназу, що є цитозольним сигнальним R білком, який викликає зазвичай реакцію гіперчутливості (HR). Джерела стійкості соняшнику до рас паразита E, F і G ґрунтуються на вертикальних механізмах резистентності генів *Or5-7*, які контролюються одними домінуючими генами, що кодують цитоплазматичні рецепторні R-білки, котрі приймають участь у виявленні різних патогенів, включаючи вовчок, бактерії, віруси, гриби, нематоди, комах. Це призвело до швидкого руйнування опору і згодом до постійної потреби в нових джерелах стійкості.

Література

1. Хаблак С.Г., Абдуллаєва Я.А., Рябовол Л.О., Рябовол Я.С. Сприйнятливості гібридів соняшнику до нових рас вовчка. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2018. Т. 23. С. 154-159.
2. Albanova I.A., Zagorchev L.I., Teofanova D.R. et al. Host Resistance to Parasitic Plants-Current Knowledge and Future Perspectives. *Plants*. 2023. Vol. 12(7). P. 1447. <https://doi.org/10.3390/plants12071447>.
3. Andersen E.J., Ali S., Byamukama E., Yen Y., Nepal M.P. Disease Resistance Mechanisms in Plants. *Genes (Basel)*. 2018. Vol. 9(7). P. 339. doi: 10.3390/genes9070339.
4. Duriez P., Vautrin S., Auriac M.C., Bazerque J., Boniface M.C., Callot C., Carrère S., Cauet S., Chabaud M., Gentou F., Lopez-Sendon M., Paris C., Pegot-Espagnet P., Rousseaux J.C., Pérez-Vich B., Velasco L., Bergès H., Piquemal J., Muñoz S. A receptor-like kinase enhances sunflower resistance to *Orobanche cumana*. *Nat*

Plants. 2019. Vol. 5(12). P. 1211-1215. doi: 10.1038/s41477-019-0556-z.

5. Fernández-Aparicio M., del Moral L., Muñoz S. et al. Genetic and physiological characterization of sunflower resistance provided by the wild-derived *OrDeb2* gene against highly virulent races of *Orobanche cumana* Wallr. *Theor Appl Genet*. 2022. Vol. 135. P. 501-525. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03979-9>.

6. Fernández-Melero, B., del Moral, L., Todesco, M. et al. Development and characterization of a new sunflower source of resistance to race G of *Orobanche cumana* Wallr. derived from *Helianthus anomalus*. *Theor Appl Genet*. 2024. Vol. 137. P. 56. <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04558-4>.

7. Kukin V. F. Method of evaluation of sunflower for resistance to infestation. *Plant protection from pests and diseases*. 1960. Vol. 7. P. 39.

8. Le Ru A., Ibarcq G., Boniface M.C. et al. Image analysis for the automatic phenotyping of *Orobanche cumana* tubercles on sunflower roots. *Plant Methods*. 2021. Vol. 17. P. 80. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00779-6>.

9. Martín-Sanz A., Malek J., Fernández-Martínez J.M., Pérez-Vich B., Velasco L. Increased virulence in sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) populations from Southern Spain is associated with greater genetic diversity. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 589. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00589>.

10. Maruta N., Burdett H., Lim B.Y.J., Hu X., Desa S., Manik M.K., Kobe B. Structural basis of NLR activation and innate immune signalling in plants. *Immunogenetics*. 2022. Vol. 74(1). P. 5-26. doi: 10.1007/s00251-021-01242-5.

11. Netea M.G., van der Graaf C., Van der Meer J.W., Kullberg B.J. Toll-like receptors and the host defense against microbial pathogens: bringing specificity to the innate-immune system. *J Leukoc Biol*. 2004. Vol. 75(5). P. 749-55. doi: 10.1189/jlb.1103543.

12. Sanabria N.M., Huang J.C., Dubery I.A. Self/nonself perception in plants in innate immunity and defense. *Self Nonself*. 2010. Vol. 1(1). P. 40-54. doi: 10.4161/self.1.1.10442.

13. Wan J., He M., Hou Q. et al. Cell wall associated immunity in plants. *Stress Biology*. 2021. Vol. 1. P. 3. <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00003-4>.

14. Yang C., Liu R., Pang J., Ren B., Zhou H., Wang G., Wang E., Liu J. Poaceae-specific cell wall-derived oligosaccharides activate plant immunity via OsCERK1 during *Magnaporthe oryzae* infection in rice. *Nat Commun*. 2021. Vol. 12(1). P. 2178. doi: 10.1038/s41467-021-22456-x.

References

1. Khablak, S.H., Abdullaieva, Ya.A., Riabovol, L.O., Riabovol, Ya.S. (2018). Spryiniatlyvist hibrydiv soniashnyku do novykh ras vovchka. [Susceptibility of sunflower hybrids to new races of broomrape]. *Faktoy eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv*, 23, 154-159 [in Ukrainian].
2. Albanova, I.A., Zagorchev, L.I., Teofanova, D.R. et al. (2023). Host Resistance to Parasitic Plants-Current

Knowledge and Future Perspectives. *Plants*, 12(7), 1447. <https://doi.org/10.3390/plants12071447>.

3. Andersen, E.J., Ali, S., Byamukama, E., Yen, Y., Nepal, M.P. (2018). Disease Resistance Mechanisms in Plants. *Genes (Basel)*, 9(7), 339. doi: 10.3390/genes9070339.

4. Duriez, P., Vautrin, S., Auriac, M.C., Bazerque, J., Boniface, M.C., Callot, C., Carrère, S., Cauet, S., Chabaud, M., Gentou, F., Lopez-Sendon, M., Paris, C., Pegot-Espagnet, P., Rousseaux, J.C., Pérez-Vich, B., Velasco, L., Bergès, H., Piquemal, J., Muños, S. (2019). A receptor-like kinase enhances sunflower resistance to *Orobanche cumana*. *Nat Plants*, 5(12), 1211-1215. doi: 10.1038/s41477-019-0556-z.

5. Fernández-Aparicio, M., del Moral, L., Muños, S. et al. (2022). Genetic and physiological characterization of sunflower resistance provided by the wild-derived *OrDeb2* gene against highly virulent races of *Orobanche cumana* Wallr. *Theor Appl Genet*, 135, 501–525. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03979-9>.

6. Fernández-Melero, B., del Moral, L., Todesco, M. et al. (2024). Development and characterization of a new sunflower source of resistance to race G of *Orobanche cumana* Wallr. derived from *Helianthus anomalus*. *Theor Appl Genet*, 137, 56. <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04558-4>.

7. Kukin, V. F. (1960). Method of evaluation of sunflower for resistance to infestation. *Plant protection from pests and diseases*, 7, 39.

8. Le Ru, A., Ibarcq, G., Boniface, M.C. et al. (2021). Image analysis for the automatic phenotyping of *Orobanche cumana* tubercles on sunflower roots.

Plant Methods, 17, 80. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00779-6>.

9. Martín-Sanz, A., Malek, J., Fernández-Martínez, J.M., Pérez-Vich, B., Velasco, L. (2016). Increased virulence in sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) populations from Southern Spain is associated with greater genetic diversity. *Front Plant Sci*, 7, 589. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00589>.

10. Maruta, N., Burdett, H., Lim, B.Y.J., Hu, X., Desa, S., Manik, M.K., Kobe, B. (2022). Structural basis of NLR activation and innate immune signalling in plants. *Immunogenetics*, 74(1), 5-26. doi: 10.1007/s00251-021-01242-5.

11. Netea, M.G., van der Graaf, C., Van der Meer, J.W., Kullberg, B.J. (2004). Toll-like receptors and the host defense against microbial pathogens: bringing specificity to the innate-immune system. *J Leukoc Biol*, 75(5), 749-55. doi: 10.1189/jlb.1103543.

12. Sanabria, N.M., Huang, J.C., Dubery, I.A. (2010). Self/nonself perception in plants in innate immunity and defense. *Self Nonself*, 1(1), 40-54. doi: 10.4161/self.1.1.10442.

13. Wan, J., He, M., Hou, Q. et al. (2021). Cell wall associated immunity in plants. *Stress Biology*, 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00003-4>.

14. Yang, C., Liu, R., Pang, J., Ren, B., Zhou, H., Wang, G., Wang, E., Liu, J. (2021). Poaceae-specific cell wall-derived oligosaccharides activate plant immunity via OsCERK1 during *Magnaporthe oryzae* infection in rice. *Nat Commun*, 12(1), 2178. doi: 10.1038/s41467-021-22456-x.

**I. М. Бобось**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри овочівництва і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: irinabobos@ukr.net

О. О. Комар

кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри овочівництва
і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: komaroff201519@gmail.com



ФЕНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ТЕТРАГОНОЛОБУСА ПУРПУРОВОГО (TETRAGONOLOBUS PURPUREUS MOENCH.) ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНІВ СІВБИ

Оптимізація термінів сівби є ключовим фактором для підвищення врожайності, оскільки вона вимагає індивідуального підходу до управління кожним полем з урахуванням погодних умов та фаз розвитку рослин. Метою дослідження було з'ясувати, як різні терміни сівби тетрагонолобуса впливають на строки та на швидкість проходження основних фаз розвитку рослин та як ці процеси залежать від генетичних особливостей рослин та умов вирощування в Київській області. Для вивчення поставленого завдання було використано комплекс методів, що включав польові дослідження – елементів технології вирощування, використання візуальних спостережень – дозволило детально описати особливості росту та розвитку рослин, та статистичний аналіз – дав змогу кількісно оцінити вплив різних факторів на ці процеси. Залежно від варіанту досліду сходи тетрагонолобуса спостерігали з 18 травня до 16 червня. Найкоротший термін сівба-сходи (11 діб) відмічено за посіву в пізньовесняний 2-й та літній термін. За контрольного терміну сівби сходи отримали на 30 добу. Початок цвітіння припав на період з 17 червня до 6 липня, а технічна стиглість – з 26 червня до 11 липня, і біологічна стиглість – з 8 липня до 25 липня. Для літньої сівби був зафіксований найкоротший вегетаційний період (39 діб), а найдовший (51 добу) – для ранньовесняної. Дослідження показало, що терміни сівби значно впливали на тривалість фенологічних фаз. Ранні терміни сівби порівняно з пізніми характеризувалися більш тривалим проходженням міжфазних періодів розвитку рослин. Встановлено, що для повного циклу розвитку тетрагонолобуса від сівби до дозрівання бобів було необхідно забезпечити суму ефективних температур (понад 10 °C) в межах 561,3–580,5 °C з кількістю опадів 60,3–149,9 мм. Результати дослідження є науково обґрунтованою основою для розробки рекомендацій щодо вирощування тетрагонолобуса в умовах Київщини, що дозволить підвищити врожайність та якість продукції.

Ключові слова: тетрагонолобус, сівба, сходи, цвітіння, вегетаційний період, сума температур та опадів.

I. M. Bobos

PhD in Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: irinabobos@ukr.net

O. O. Komar

PhD in Agricultural Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: komaroff201519@gmail.com

PHENOLOGICAL ASPECTS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF TETRAGONOLOBUS PURPUREUS (TETRAGONOLOBUS PURPUREUS MOENCH.) DEPENDING ON THE SOWING TIME

Optimization of sowing dates is a key factor in increasing yields, as it requires an individual approach to managing each field, taking into account weather conditions and plant development stages. The aim of the study was to find out how different sowing dates of tetragonolobus affect the timing and speed of the main phases of plant development and how these processes depend on the genetic characteristics of plants and growing conditions in the Kyiv region. To study this task, a set of methods was used, including field research – elements of growing technology, visual observations – to describe in detail the features of plant growth and development, and statistical analysis – to quantify the impact of various factors on these processes. Depending on the variant of the experiment, tetragonolobus seedlings were observed from May 18 to June 16. The shortest sowing-emergence period (11 days) was observed when sowing in the late spring 2nd and summer terms. Under the control sowing period, the seedlings appeared on the 30th day. The beginning of flowering occurred from June 17 to July 6, and technical maturity – from June 26 to July 11, and biological maturity – from July 8 to July 25. The shortest vegetation period (39 days) was recorded for summer sowing, and the longest (51 days) for early spring sowing. The study showed that sowing dates significantly affect the duration of phenological phases. Early sowing compared to late sowing was characterized by a longer passage of interphase periods of plant development. It was found that for the full cycle of tetragonolobus development from sowing to bean maturation, it was necessary to ensure the sum of effective temperatures (over 10 °C) in the range of 561.3–580.5 °C and precipitation of 60.3–149.9 mm. The results of the study are a scientifically sound basis for developing recommendations for growing tetragonolobus in the Kyiv region, which will increase the yield and quality of products.

Key words: tetragonolobus, sowing, germination, flowering, vegetation period, temperature and precipitation.

Постановка проблеми. Вирощування недостатньо використовуваних багатих на білок бобових культур є одним з декількох важливих рішень для подолання дефіциту білка та продовольчої кризи, що загрожує у всьому світі, особливо в країнах, що розвиваються, де джерела високого вмісту білка, такі як м'ясо та зерно, є дефіцитними та дорогими [6]. Тетрагонолобус, наприклад, є багатоцільовою бобовою культурою завдяки своїй витривалості та високому вмісту білка, яку вирощують заради їстівного насіння, молодих бобів та коренів [13].

Обмежувачими факторами для вирощування бобових культур є специфічні вимоги до тривалості світлового дня, а також температури та опадів, головним чином під час проростання та цвітіння [5, 9]. Термін сівби є ключовим фактором, який впливає на всі етапи росту та розвитку овочевих культур: від проростання насіння і появи сходів до вегетативного росту, цвітіння, формування плодів та їхнього дозрівання [4].

Однак площа посівів тетрагонолобусу не збільшується порівняно з іншими бобовими культурами, головним чином через високу нестабільність врожайності. Це можна пояснити кількома факторами, пов'язаними з особливостями рослин (наприклад, фенологією, морфофізіологією), а також біотичними та абіотичними стресами [10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тетрагонолобус вирізняється високим вмістом білка, особливо в насінні (32–37%), а також у бобах (17–20%) та листках з квітами (5–15%). Крім того, він є багатим джерелом вітамінів (В₁, В₂, В₃, В₆, В₉, С, А, Е) та мінералів (залізо, фосфор, калій, кальцій та інші) [17]. Насіння містить

14–25% жирів, переважно ненасичених (до 75%), серед яких олеїнова та лінолева кислоти становлять майже половину. Олія відрізняється високою окислювальною та термічною стабільністю, що робить її ціннішою за соєву [14, 18].

Крім високої харчової цінності, тетрагонолобус має значний фармакологічний потенціал. Він містить біологічно активні сполуки з широким спектром дії, включаючи антиоксидантну, протизапальну, антибактеріальну та інші. Ці властивості роблять його перспективною рослиною для використання в медицині та фармакології [3].

Термін сівби відіграє головну роль у збільшенні або зменшенні врожайності сільськогосподарських культур [16]. Занадто ранній термін сівби у непрогрітий ґрунт спричиняє затримку та нерівномірність появи сходів, тоді як запізнення із сівбою, пов'язане з ризиком весняної посухи [12].

У субтропічних і помірних широтах більшість сортів тетрагонолобусу (*P.tetragonolobus*) цвітуть дуже пізно і дають низькі врожаї через пригнічення фенологічного розвитку через довгий літній день. Це свідчить про пригнічення фотоперіоду в літні місяці. Більше того, за сприятливої довжини дня, цвітіння затримувалося, якщо температура навколишнього середовища опускалася нижче оптимальної, близько 26 °C [7]. В умовах Австралії цвітіння тетрагонолобусу розпочиналося в березні на 68–167 добу залежно від терміну сівби (24.10, 11.11, 11.12) [8]. Випробування, проведені в Огбомошо продемонстрували, що тривалість періоду від сівби до першого цвітіння коливалися в межах від 68 до 114 діб, тоді як початок масового цвітіння – від 78 до 121 доби [2].

Hussain (2022) рекомендує сівбу першого червня, хоча інші дослідники попереджають про можливі негативні наслідки пізніх термінів сівби через підвищений ризик ураження шкідниками та хворобами, а також через дефіцит вологи в ґрунті [11, 11, 15].

Метою статті є вивчення в умовах Київській області особливості росту та розвитку рослин тетрагонолобуса залежно від термінів сівби.

Методика дослідження. Впродовж 2014–2016 рр. на колекційних ділянках навчальної лабораторії "Флодоовочевий сад" НУБіП України, розташованій в Київській області, проводилися дослідження з метою вивчення впливу різних термінів сівби на ріст і розвиток місцевого зразка тетрагонолобуса пурпурового. Досліди здійснювалися за методикою однофакторних дослідів у трьох повтореннях. За контроль було прийнято сівбу в III декаді квітня. Насіння висівали у чотири терміни: 24 квітня (ранньовесняний), 8 травня (пізньовесняний 1-й), 23 травня (пізньовесняний 2-й) та 5 червня (літній). Глибина загортання насіння становила 2–3 см, а схема сівби – 45×15 см. Облікова площа 5 м². На кожній дослідній ділянці відбирали по 10 рослин для проведення регулярних спостережень [1].

Для оцінки динаміки розвитку рослин у кожному повторенні дослідів регулярно проводили фенологічні спостереження. Появу сходів фіксували на момент, коли над поверхнею ґрунту з'являлися сім'ядолі у 10–15% рослин, а повні сходи коли понад 75% рослин. Далі відзначали дати досягнення таких фаз розвитку, як початок цвітіння, технічна стиглість бобів та їхня повна біологічна стиглість.

Суму ефективних температур повітря підраховували за формулою:

$$\sum t_{\text{еф}} = (t_{\text{сер}} - B) * n, \quad (1)$$

де $\sum t_{\text{еф}}$ – сума ефективних температур повітря за період, °С, $t_{\text{сер}}$ – середня за період активна температура повітря, °С, B – біологічний мінімум, який у цьому дослідженні був прийнятий за 10 °С, n – кількість днів у періоді.

Основні результати дослідження. Найкоротший час від сівби до появи сходів (11 днів) спостерігався у варіантах, висіяних у III декаді травня та I декаді червня, що на 13 днів менше, ніж на контролі. Цей період характеризувався температурами (вище 10 °С) від 84,2 до 111 °С та кількістю опадів від 10,7 до 24,9 мм. За сівби в I декаді травня сходи з'явилися 23 травня, або на 15 добу після сівби. Водночас, погодні умови, які супроводжували період від сівби до появи сходів, характеризувалися середньою сумою ефективних температур 79,7 °С та кількістю опадів 71,9 мм (рис. 1). У разі сівби в III декаді квітня (контроль) сходи з'явилися 18 травня, а тривалість періоду сівба-сходи становила 24 доби (рис. 2). Сума температур (вище 10 °С) за цей фенологічний період становила 79,7 °С, а середня кількість опадів – 71,9 мм (рис. 3).

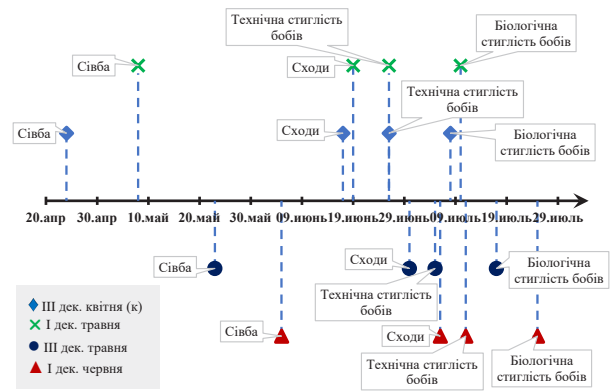


Рис. 1. Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин тетрагонолобуса за різних термінів сівби (середнє за 2014–2016 рр.)

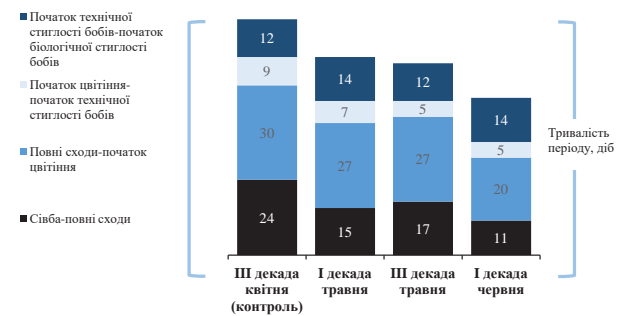


Рис. 2. Тривалість фенологічних фаз у рослин тетрагонолобуса за різних термінів сівби (середнє за 2014–2016 рр.)

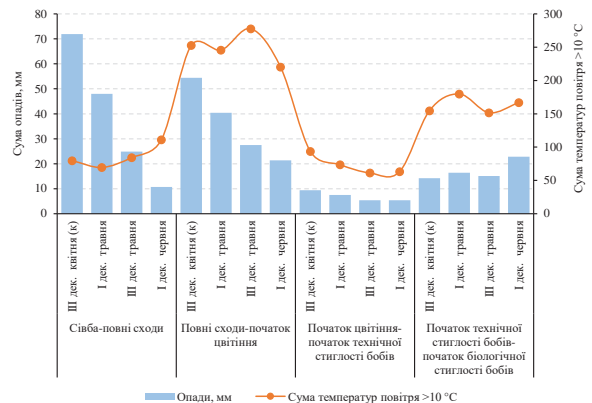


Рис. 3. Аналіз динаміки температур та опадів за вегетаційний період тетрагонолобуса (середнє за 2014–2016 рр.)

Початок цвітіння у рослин в межах дослідів спостерігали з 17 червня до 6 липня. За умов літнього терміну сівби період від появи сходів до початку цвітіння скоротився на 10 днів порівняно з ранньовесняним строком сівби, а за пізньовесняного 1-го та 2-го терміну лише на 3 доби. Період сходи-початок цвітіння проходив за суми температур (вище 10 °С) 220,3–277,7 °С, а кількість опадів становила 21,4–54,4 мм.

Виявлено, що найменша кількість днів від цвітіння до технічної стиглості бобів (5 днів) була

за сівби в III декаді травня та I декаді червня, який виявився меншим за контроль на 4 доби. За сівби у II декаді травня зазначений період скоротився на 2 доби порівняно з контролем. Сівба в III декаді квітня мала максимальну кількість діб від цвітіння до технічної стиглості бобів (9 діб).

Під час ранньовесняного та пізньовесняного 2-го терміну сівби зафіксовано найкоротший період від технічної до біологічної стиглості бобів (12 діб), тоді як у разі сівби за пізньовесняного 1-го терміну та літнього термінів спостерігався найдовший (14 діб). У період від технічної до біологічної стиглості бобів рослини розвивалися за сумою температур (вище 10° C) в інтервалі від 151,6 до 179,8 °C та кількістю опадів від 14,2 до 22,8 мм.

Дослідження впливу термінів сівби на тривалість вегетаційного періоду тетрагонолобуса показало, що найдовший період (51 доба) спостерігався за ранньовесняній сівбі. Зі зміщенням термінів сівби на пізніші дати відбувалося скорочення вегетаційного періоду. Найкоротший період (39 діб) був зафіксований за літньої сівби, що на 12 діб менше контрольного варіанту. Пізньовесняні 1-го та 2-го термінів сівби також продемонстрували скорочення вегетаційного періоду на 3–7 діб порівняно з контролем. Оптимальний ріст і розвиток тетрагонолобуса від сходів до дозрівання бобів безпосередньо залежав від забезпечення рослин необхідною кількістю тепла (450,3–500,8 °C) та вологи (48–78 мм).

За пізніх термінів сівби насіння тетрагонолобуса скорочувалась тривалість періодів до з'явлення сходів, цвітіння та технічної стиглості бобів. Водночас, за більш пізніх термінів сівби період від сходів до біологічної стиглості бобів значно виявився коротшим. Це пов'язано зі значно вищою температурою за оптимальну для рослин культури. Тому сівба тетрагонолобуса за пізніх термінів впливала на скоростиглість, тоді як за раннього терміну сівби, рослини зазнавали впливу мінімальних температур на етапах росту, що призвело до затримки фенологічних фаз росту та розвитку рослин.

Висновки. Адаптація тетрагонолобуса до кліматичних умов регіону вирощування має вирішальне значення для отримання стабільно високих врожаїв. Терміни сівби зумовлювали доступність температури (сума температур вище 10 °C – 561,3–580,5 °C) та вологи (60,3–149,9 мм) для рослин за період від сівби до біологічної стиглості бобів. Залежно від термінів сівби в межах досліді відмічено появу сходів з 18 травня до 16 червня, початок цвітіння – з 17 червня до 6 липня, технічну стиглість бобів – з 26 червня до 11 липня та біологічну стиглість бобів – з 8 до 25 липня. Зміщення термінів сівби до пізньовесняних та літніх порівняно з ранньою сівбою (III декада квітня) скорочувало тривалість вегетаційного розвитку на 3–12 діб.

Література

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.

2. Akeem L. B., Azeez M. A., Godfrey E., Akintunde R. I., Omogoye A. M., Kayode A. E. Screening winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) Accessions using Agronomic characters. *Asian Journal of soil science and plant Nutrition*. 2019. Vol. 4, №. 3. P. 1–10. DOI: 10.9734/ajsspn/2019/v4i330048

3. Bassal H., Merah O., Ali A. M., Hijazi A., El Omar, F. *Psophocarpus tetragonolobus*: An underused species with multiple potential uses. *Plants*. 2020. Vol. 9, №. 12. P. 1730. DOI: 10.3390/plants9121730

4. Bobos I., Fedosiy, I. Zavadska O., Komar O., Tonkha O., Furdyha M., Rucins A. Impact of sowing dates on the variability of different traits of fenugreek. *Rural Sustainability Research*. 2022. Vol. 47, №. 342. P. 37–46. DOI: 10.2478/plua-2022-0006

5. Bobos I., Komar O., Havrys I., Shemetun O., Kokoiko V. Ecological stability, plasticity, and adaptability of cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.). *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, №. 5. P. 68–78. DOI: 10.48077/sciHor5.2024.68

6. Cheng A., Raai M. N., Zain N. A. M., Massawe F., Singh A., Wan-Mohtar W. A. A. Q. I. In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes. *Food Security*. 2019. Vol. 11. P. 1205–1215. DOI: 10.1007/s12571-019-00977-0

7. Eagleton G. Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) cropping systems. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2020. Vol. 21, №. 12. DOI: 10.13057/biodiv/d211258

8. EAGLETON G. E. A daylength-neutral winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) for Southern Australian latitudes. *Asian Journal of Agriculture*. 2022. Vol. 6, №. 2. DOI: 10.13057/asianjagric/060203

9. Gawęda D., Nowak A., Haliniarz M., Woźniak A. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*. 2020. Vol. 14, №. 3. P. 475–485. DOI: 10.1007/s42106-020-00098-1

10. Hansda N. N., Thapa U., Jana S. K. K. Growth and yields of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) genotypes in the new alluvial zone of West Bengal. *The Pharma Innovation Journal*. 2023. Vol. 12, №. 7. P. 234–239.

11. Hussain I., Ali M., Ghoneim A. M., Shahzad K., Farooq O., Iqbal S., Datta R. Improvement in growth and yield attributes of cluster bean through optimization of sowing time and plant spacing under climate change scenario. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29, №. 2, P. 781–792. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.11.018

12. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of elementology*. 2021. Vol. 26, №. 1. P. 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054

13. Kharat M. A., Bhise D. R., Galande H. R. WINGED BEAN. Beans: An insight study. 2024. Vol. 201.

14. Makeri M. U., Karim R., Abdulkarim M. S., Ghazali H. M., Miskandar M. S., Muhammad K. Comparative analysis of the physico-chemical, thermal, and oxidative properties of winged

bean and soybean oils. *International Journal of Food Properties*. 2016. Vol. 19, № 12. P. 2769–2787. DOI: 10.1080/10942912.2015.1031246

15. Meena H., Meena R. S., Lal R., Yadav G. S., Mitran T., Layek J., Verma T. Response of sowing dates and bio regulators on yield of clusterbean under current climate in alley cropping system in eastern UP, India. *Legume Research-An International Journal*. 2018. Vol. 41, № 4, P. 563–571. DOI: 10.18805/LR-3759

16. Meena H. N., Meena R. S. Role of bio-regulators in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) productivity. *Ann. Agri Bio Res*. 2015. Vol. 20 P. 37–39.

17. Mohanty C. S., Pradhan R. C., Singh V., Singh N., Pattanayak R., Prakash, O., Rout P. K. Physicochemical analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC seeds with fatty acids and total lipids compositions. *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52. P. 3660–3670. DOI: 10.1007/s13197-014-1436-1

18. Mohanty C. S., Syed N., Kumar D., Khare S., Nayak S. P., Sarvendra K., Rout P. K. Chemical characterization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. seeds and safety evaluation of its fatty oil. *Journal of food Measurement and Characterization*. 2021. Vol. 15. P. 807–816. DOI: 10.1007/s11694-020-00680-1

19. Sriwichai S., Monkham T., Sanitchon J., Jogloy S., Chankaew, S. Dual-purpose of the winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), the neglected Tropical legume, based on pod and tuber yields. *Plants*. 2021. Vol. 10, № 8. P. 1746.

References

1. Bondarenko H. L., & Yakovenko K. I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytsvi ta bashtannytsvi* [Methodology of experimental business in vegetable and melon growing]. Kharkiv [in Ukrainian].

2. Akeem, L. B., Azeez, M. A., Godfrey, E., Akintunde, R. I., Omogoye, A. M., & Kayode, A. E. (2019). Screening winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) Accessions using Agronomic characters. *Asian Journal of soil science and plant Nutrition*, 4(3), 1–10. DOI: 10.9734/ajsspn/2019/v4i330048

3. Bassal, H., Merah, O., Ali, A. M., Hijazi, A., & El Omar, F. (2020). *Psophocarpus tetragonolobus*: An underused species with multiple potential uses. *Plants*, 9(12), 1730. DOI: 10.3390/plants9121730

4. Bobos, I., Fedosiy, I., Zavadzka, O., Komar, O., Tonkha, O., Furdyha, M., & Rucins, A. (2022). Impact of sowing dates on the variability of different traits of fenugreek. *Rural Sustainability Research*, 47(342), 37–46. DOI: 10.2478/plua-2022-0006

5. Bobos, I., Komar, O., Havrys, I., Shemetun, O., & Kokoiko, V. (2024). Ecological stability, plasticity, and adaptability of cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *subsp. sesquipedalis* (L.) Verdc.). *Scientific Horizons*, 27 (5), 68–78. DOI: 10.48077/scihor5.2024.68

6. Cheng, A., Raai, M. N., Zain, N. A. M., Massawe, F., Singh, A., & Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I. (2019). In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes. *Food Security*, 11, 1205–1215. DOI: 10.1007/s12571-019-00977-0

7. Eagleton, G. (2020). Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) cropping systems. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(12). DOI: 10.13057/biodiv/d211258

8. EAGLETON, G. E. (2022). A daylength-neutral winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) for Southern Australian latitudes. *Asian Journal of Agriculture*, 6(2). DOI: 10.13057/asianjagric/g060203

9. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., & Woźniak, A. (2020). Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*, 14(3), 475–485. DOI: 10.1007/s42106-020-00098-1

10. Hansda, N. N., Thapa, U., & Jana, S. K. K. (2023). Growth and yields of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) genotypes in the new alluvial zone of West Bengal. *The Pharma Innovation Journal*, 12(7), 234–239.

11. Hussain, I., Ali, M., Ghoneim, A. M., Shahzad, K., Farooq, O., Iqbal, S., ... & Datta, R. (2022). Improvement in growth and yield attributes of cluster bean through optimization of sowing time and plant spacing under climate change scenario. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 781–792. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.11.018

12. Jarecki, W., & Bobrecka-Jamro, D. (2021). Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of elementology*, 26(1). 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054

13. Kharat, M. A., Bhise, D. R., & Galande, H. R. (2024). WINGED BEAN. Beans: An insight study, 201.

14. Makeri, M. U., Karim, R., Abdulkarim, M. S., Ghazali, H. M., Miskandar, M. S., & Muhammad, K. (2016). Comparative analysis of the physico-chemical, thermal, and oxidative properties of winged bean and soybean oils. *International Journal of Food Properties*, 19(12), 2769–2787. DOI: 10.1080/10942912.2015.1031246

15. Meena, H., Meena, R. S., Lal, R., Yadav, G. S., Mitran, T., Layek, J., ... & Verma, T. (2018). Response of sowing dates and bio regulators on yield of clusterbean under current climate in alley cropping system in eastern UP, India. *Legume Research-An International Journal*, 41(4), 563–571. DOI: 10.18805/LR-3759

16. Meena, H.N. & Meena, R.S. (2015). Role of bio-regulators in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) productivity. *Ann. Agri Bio Res.*, 20, 37–39.

17. Mohanty, C. S., Pradhan, R. C., Singh, V., Singh, N., Pattanayak, R., Prakash, O., ... & Rout, P. K. (2015). Physicochemical analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC seeds with fatty acids and total lipids compositions. *Journal of food science and technology*, 52, 3660–3670. DOI: 10.1007/s13197-014-1436-1

18. Mohanty, C. S., Syed, N., Kumar, D., Khare, S., Nayak, S. P., Sarvendra, K., ... & Rout, P. K. (2021). Chemical characterization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. seeds and safety evaluation of its fatty oil. *Journal of food Measurement and Characterization*, 15, 807–816. DOI: 10.1007/s11694-020-00680-1

19. Sriwichai, S., Monkham, T., Sanitchon, J., Jogloy, S., & Chankaew, S. (2021). Dual-purpose of the winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), the neglected Tropical legume, based on pod and tuber yields. *Plants*, 10(8), 1746.

**Н. М. Зеленьянська**

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник директора з науково-інноваційної діяльності, Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України (м. Одеса, Україна)
E-mail: natalyanikolaevna2019@ukr.net

М. І. Рябий

аспірант, Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України (м. Одеса, Україна)
E-mail: ryaby.nikolay@gmail.com



ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АПІКАЛЬНИХ МЕРИСТЕМ ДЛЯ РОЗМНОЖЕННЯ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*

Одним із способів отримання рослин винограду, вільних від вірусних, мікоплазмозних хвороб та бактеріального раку є метод культури апікальних меристем. Ефективність цієї технології залежить від того, яка кількість ініціальних експлантів буде морфогенно активною, успішно приживатися на поживному середовищі та регенерувати у рослини. Метою роботи було визначити вплив поживних середовищ та розмірів апікальних меристем винограду *in vitro* на їх регенераційну здатність. У роботі використували біотехнологічні, лабораторні та статистичні методи досліджень для визначення приживлюваності, рівня регенерації ініціальних експлантів, кількості утворених пагонів, висоти рослин-регенерантів. Дослідження проводили на мікроклонах винограду технічного сорту Каберне Совіньйон клон 15. На приживлюваність апікальних меристем винограду *in vitro* впливали їх розмір та склад поживного середовища. Найбільше життєздатних апікальних меристем було отримано з ініціальних експлантів розміром 0,5–0,7 мм (30,0–56,0%) та 0,8–1,0 мм (33,0–58,0%). Для їх культивування слід використовувати поживне середовище з підвищеним вмістом вітамінів і фітогормонів (МС 2). Порівняно з контролем (МС за прописом) на середовищі МС 2 збільшувалася кількість пагонів на 80,0%, висота пагонів – на 65,7% для ініціальних експлантів розміром 0,5–0,7 мм та на 53,8 і 55,0% для ініціальних експлантів розміром 0,8–1,0 мм. Результати статистичного аналізу довели достовірність отриманих результатів та дали змогу встановити вплив кожного чинника на отримання результативних показників. На показники приживлюваності апікальних меристем, кількість регенерованих пагонів, їх висоту найбільший вплив мав чинник А (склад поживного середовища) – 39,6–54,4%, на прояв рівня регенерації апікальних меристем – чинник Б (розмір апікальних меристем) – 38,5–52,9%.

Ключові слова: ініціальні експланти, поживне середовище, приживлюваність, рівень регенерації, рослини-регенеранти, кількість пагонів, висота пагонів.

N. M. Zelenianska

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Deputy Director for Research and Innovation, National Scientific Centre "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" NAAS of Ukraine (Odesa, Ukraine)
E-mail: natalyanikolaevna2019@ukr.net

M. I. Riabiy

Graduate Student, National Scientific Centre "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" NAAS of Ukraine (Odesa, Ukraine)
E-mail: ryaby.nikolay@gmail.com

APPLICATION OF THE METHOD OF APICAL MERISTEMS FOR GRAPE PROPAGATION *IN VITRO*

One of the ways to obtain grape plants free from viral, mycoplasma diseases and bacterial cancer is the method of apical meristem culture. The effectiveness of this technology depends on the number of initial explants that will be morphogenically active, successfully take root on the nutrient medium and regenerate into plants. The purpose of the work was to determine the effect of nutrient media and the size of grape apical meristems *in vitro* on their regeneration capacity. At work we used biotechnological, laboratory and statistical research methods were used to determine the survival rate, the level of regeneration of initial explants, the number of shoots formed, and the height of regenerated plants. The study was conducted

on microclones of grapes of the technical variety Cabernet Sauvignon clone 15. The survival rate of grape apical meristems *in vitro* was influenced by their size and composition of the nutrient medium. The most viable apical meristems were obtained from initial explants of 0.5–0.7 mm (30.0–56.0%) and 0.8–1.0 mm (33.0–58.0%). For their cultivation, a nutrient medium with a high content of vitamins and phytohormones should use (MS 2). Compared to the control (MS as prescribed), the number of shoots increased by 80.0% on MS 2 medium, shoot height by 65.7% for initial explants of 0.5–0.7 mm and by 53.8 and 55.0% for initial explants of 0.8–1.0 mm. The results of the statistical analysis proved the reliability of the obtained results and made it possible to determine the influence of each factor on the obtained performance indicators. The survival rate of apical meristems, the number of regenerated shoots, and their height were most influenced by factor A (composition of the nutrient medium) – 39.6–54.4%, and the level of apical meristem regeneration was most influenced by factor B (size of apical meristems) – 38.5–52.9%.

Key words: initial explants, nutrient medium, viability, level of regeneration, regenerating plants, number of shoots, height of shoots.

Постановка проблеми. Багато хвороб, таких як вірусні, фітоплазмові, грибні та бактеріальні уражають виноградну рослину і наносять значний збиток врожаю, зменшують тривалість експлуатації та продуктивність виноградних насаджень. Природно-кліматичні умови півдня України сприятливі для адаптації збудників хвороб, тому й імовірність розповсюдження їх дуже висока.

Виробництво сертифікованого садивного матеріалу винограду в Україні передбачає відсутність ураження лози та щеплених саджанців винограду вірусами коротковузля, мозаїки резухи, першим, третім серотипами вірусу скручування листя, вірусом мармуровості, вірусами А, В винограду та контроль на відсутність фітоплазмової інфекції і бактеріального раку [9].

Одним із способів отримання рослин винограду, вільних від вірусних, мікоплазмових хвороб та бактеріального раку є метод культури апікальних меристем [12]. Його використання для оздоровлення рослин засновано на тому принципі, що у напрямку до верхівки пагону вміст збудників хвороб зменшується. Апікальна меристема зазвичай вільна від бактерій, вірусів та фітоплазм. Вона являє собою конус клітин, що активно діляться висотою 0,1–1,0 мм [3].

Ефективність технології культивування апікальних меристем залежить від того, яка кількість ініціальних експлантів буде морфогенно активною, успішно приживатися на поживному середовищі та регенерувати у рослини *in vitro* з високим коефіцієнтом розмноження [1]. Одержання таких експлантів залежить від їх розмірів та складу поживного середовища для культивування [7]. Слід зазначити, що наукових праць щодо культивування апікальних меристем *in vitro* винограду, серед вітчизняних і зарубіжних науковців дуже мало, а окремі питання, експериментальні дані, висновки залишаються дискусійними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод культивування апікальних меристем *in vitro* у рослинництві найчастіше використовують для отримання якісного насінневого та садивного матеріалу. Меристемні методи – це біотехнологічні процеси ізолювання, регенерації та культивування рослин *in vitro* для звільнення від патогенних, контамінуючих мікроорганізмів, які широко використовують для отримання однорідного генетичного матеріалу рослин впродовж короткого періоду часу, у промислових кількостях [5].

Демчук І. В. та Зарицький М. М. на основі результатів багаторічної роботи по оздоровленню картоплі від вірусних хвороб дійшли висновку, що тільки апікальні меристеми розміром до 100 мкм дають близько 50% безвірусних регенерантів, але експланти такого розміру, дуже погано приживаються на поживних середовищах. Тому у практичній роботі вони рекомендують використовувати верхівкові, пазушні меристеми розміром 100–300 мкм [2]. Шпак В. А. також стверджує, що морфогенетична здатність експланта залежить від його розмірів. Якщо апікальна меристема малих розмірів, то вона слабше проявляє здатність до органогенезу, при цьому існує можливість генетичної нестабільності. Якщо експлант великих розмірів генетична стабільність вища, але більша ймовірність наявності вірусу в його клітинах [10].

Мацкевич В. В., Філіпова Л. М., Мацкевич Ю. В. при оновленні протоколу отримання безвірусного садивного матеріалу суниці садової вказують на необхідність використання у якості ініціальних експлантів апікальних меристем (особливо якщо донори експлантів містять збудників хвороб). Для їх успішного культивування вони рекомендують використовувати поживне середовище МС (Мурасіге і Скуга) зі зменшенням вмістом макросолей (1/3), сполук кальцію, хелатних комплексів заліза та додавати фітогормони різної активності: 6-БАП (6-бензиламінопурин), аденін, кінетин в однаковому співвідношенні [5].

Олійник О. О., Ключаваденко А. А., Мельничук М. Д. у своїх дослідженнях показали, що троянда ефіроолійна також добре розмножується *in vitro* за використання у якості ініціальних експлантів апікальних меристем вегетативних бруньок. Проте автори роботи довели, що для різних сортів необхідно індивідуально підбирати поживні середовища [6]. Ці автори також вивчали вплив різних розмірів меристемних експлантів та модифікацій поживних середовищ для отримання безвірусного матеріалу хмелю. Показано, що для активізації регенераційних процесів меристем та подальшого росту мікропагонів доцільно використовувати ініціальні експланти розміром 400–550 мкм, які слід культивувати на поживному середовищі МС з вмістом 6-БАП у концентрації 1,0–1,5 мг/л (у залежності від сорту) та ГК₃ (гіберелова кислота) у концентрації 1,0 мг/л [4].

Отже, вищенаведений аналіз показує, що використання апікальних меристем, як

ініціальних експлантів для введення рослин в культуру тканин і органів *in vitro* має ряд переваг. Підвищується генетична однорідність матеріалу, відбувається оздоровлення рослин від вірусних та бактеріальних хвороб. Проте, залишається і низка питань, які потребують подальшого вивчення. Немає єдиної думки щодо оптимальних розмірів апікальних меристем (як з точки зору оздоровлення, так і з точки зору їх регенерації на поживних середовищах), типу і складу поживних середовищ для їх культивування. Крім того, наведені результати свідчать про видову і сортової специфічність, що передбачає встановлення оптимальних розмірів апікальних меристем та складу поживних середовищ для кожної культури і навіть сорту.

Наведений вище аналіз наукових праць свідчить про актуальність і своєчасність подальшого проведення таких досліджень у рослинництві загалом та сільськогосподарській практиці зокрема. Наукових праць, з даного напрямку, у виноградарстві дуже мало і це переважно роботи зарубіжних вчених.

Mostafa F. M. A., Shaaban M. M., Doaa S. Elazab and Kamel M. T. (Єгипет) для введення у культуру тканин і органів *in vitro* винограду сортів Конкорд (*Vitis lubrasca*), Томпсон безнасінний, Красуня безнасінна та Кінг Рубі (*Vitis vinifera*) у якості ініціальних експлантів використовували верхівкові меристеми. Їх культивували на поживному середовищі МС з додаванням 6-БАП та кінетину у кількості 1,0 мг/л та α-НОК у кількості 0,01 мг/л. Автори показали, що саме на цьому поживному середовищі приживлюваність ініціальних експлантів була найвищою (87,5–100%) протягом трьох пасажів, подальше пасажування знижувало цей показник. Проте автори не вказують які за розмірами верхівкові меристеми використовували для введення в культуру, а приживлюваність і подальший розвиток ініціальних експлантів, на різних поживних середовищах розглядали як результат впливу кількості проведених пасажів [13].

Sabbadini S., Capriotti L., Limera C., Navacchi O., Tempesta G., and Mezzetti B. (Італія) розробляли протоколи регенерації *in vitro* для сортів винограду – Глера, Верментіно, Санджовезе, Томпсон безнасінний, підщеп Польсен 1103 та Ріхтер 110, які передбачали застосування у якості ініціальних експлантів апікальні меристеми. Останні вводили в культуру тканин і органів *in vitro* з метою одержання калюсних культур [15]. Anca Butiuc-Keul, Ana Coste також вказують на необхідність використання культури апікальних меристем винограду з подальшим соматичним органогенезом, як альтернативу класичній селекції і виведення сортів винограду, стійких до біотичного та абіотичного стресу [11].

Nadra K., Maqsood A., Ishfaq H., Nadeem A., Shaghef E. and Muhammad A. (Пакистан) для отримання рослин-регенерантів сорту Кінг Рубі апікальні меристеми культивували на поживному середовищі МС, яке містило ГК₃ (0,1 мг/л), 6-БАП (1,0 мг/л), кінетин або гліцин. На такому поживному середовищі було отримано

рослини-регенеранти з більшою кількістю пагонів (5,33 шт.) та висотою (2,75 см). У подальшому їх використовували для одержання калюсних культур [14].

Отже, у виноградарстві переважна кількість наукових праць з питань культивування апікальних меристем *in vitro* спрямована, переважно, на одержання калюсних культур, регенерацію рослини з широкою генетичною варіабельністю, які використовуються для розширення різноманіття вихідного селекційного матеріалу. І практично відсутні дослідження щодо чинників впливу на регенераційний потенціал апікальних меристем у процесі мікроклонального розмноження та оздоровлення винограду.

Мета статті. Визначити вплив поживних середовищ та розмірів апікальних меристем винограду *in vitro* на їх регенераційну здатність.

Методика дослідження. Робота виконувалась у лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВІВ ім. В. Є. Таїрова» протягом 2021–2024 рр. Матеріалом для роботи були мікроклональні рослини сорту Каберне Совіньйон клон 15.

У культуру *in vitro* вводили апікальні меристеми (ініціальні експланти) розміром: 0,2–0,4 мм (з одним, двома листовими примордіями); 0,5–0,7 мм (з двома, трьома листовими примордіями); 0,8–1,0 мм (з одним, двома покривними листочками). Їх виділяли в стерильних умовах ламінарного боксу під бінокулярним мікроскопом і культивували на модифікованих поживних середовищах – МС 1, МС 2 та МС (стандарт) (табл. 1).

Поживні середовища розливали у культуральні ємності по 30 мл і автоклали при 1,0 атм. 15 хв.

Роботи, пов'язані з розмноженням рослин винограду в культурі тканин і органів *in vitro* здійснювали в асептичних умовах ламінарних та культивувальних боксів. Фізичні параметри культивування: температура 24–25 °С, 16-годинний фотоперіод, освітлення 2500–3000 лк., вологість повітря 60–70%

У роботі використовували біотехнологічні та статистичні методи досліджень [8]. Визначали приживлюваність ініціальних експлантів (%), рівень регенерації ініціальних експлантів (%), кількість утворених пагонів (шт.), їх висоту (мм). Достовірність отриманих результатів оцінювали за допомогою програми StatSoft Statistica.

Основні результати дослідження. Проведені спостереження показали, що на першому етапі культивування (2–3 тижні) частина меристем (45–70% залежно від розміру експланта), почала некротизувати і відмирала. На нашу думку відмирання апікальних меристем у процесі культивування, відбувалося і через пошкодження апікальних структур у процесі їх виділення. Ті меристеми, які залишилися давали початок розвитку мікропагонів.

Визначення показника приживлюваності апікальних меристем на досліджуваних поживних

Таблиця 1

Склад поживних середовищ, які використовували у роботі

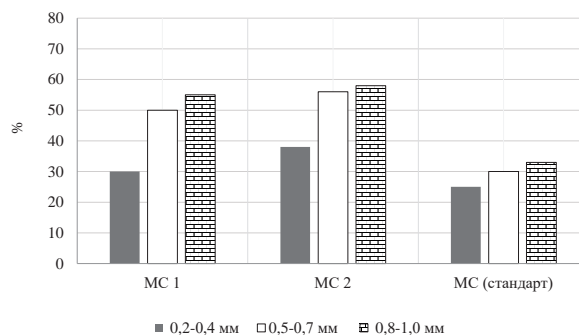
Компоненти середовища	МС (стандарт)	МС 1	МС 2
	мг/дм ³		
Макроелементи			
NH ₄ NO ₃	1650,0	1650,0	1650,0
KNO ₃	1900,0	1900,0	1900,0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370,0	370,0	370,0
KH ₂ PO ₄	170,0	170,0	170,0
CaCl ₂	331,0	440,0	440,0
Хелат заліза			
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27,8	27,8	27,8
Na ₂ ЕДТА	37,3	37,3	37,3
Мікроелементи			
H ₃ BO ₃	6,2	6,2	6,2
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22,3	22,3	22,3
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6	8,6	8,6
KJ	0,83	0,83	0,83
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,25	0,25	0,25
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025	0,025	0,025
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,025	0,025	0,025
Вітаміни			
Тіамін-НCl	1,0	5,0	5,0
Піридоксин-НCl	1,0	5,0	5,0
Нікотинова кислота	1,0	5,0	5,0
Мезоінозит	75,0	100,0	100,0
Фітогормони			
6-БАП	0,1	1,0	1,0
ІОК	0,2	0,2	0,2
ГК ₃	–	1,0	0,5
Інші складові			
Сахароза	20000,0	20000,0	20000,0
Агар	7000,0	7000,0	7000,0

Таблиця 2

Регенераційна здатність та розвиток апікальних меристем сорту Каберне Совіньйон клон 15 на модифікованих поживних середовищах

Розмір ініціальних експлантів, мм	Рівень регенерації ініціальних експлантів, %	Кількість пагонів, шт.	Висота основного пагону, мм
МС 1			
0,2–0,4	32,0	1,0±0,05	3,8±0,2
0,5–0,7	51,0	1,6±0,08	5,0±0,3
0,8–1,0	56,0	1,8±0,08	5,6±0,3
МС 2			
0,2–0,4	36,0	1,4±0,06	4,1±0,6
0,5–0,7	56,0	1,8±0,09	5,8±0,6
0,8–1,0	62,0	2,0±0,09	6,2±0,7
МС (стандарт)			
0,2–0,4	29,0	0,8±0,05	3,0±0,4
0,5–0,7	35,0	1,0±0,06	3,5±0,5
0,8–1,0	42,0	1,3±0,07	4,0±0,5

середовищах показало, що найбільше життєздатних меристем було отримано з ініціальних експлантів, розміром 0,5–0,7 мм (30,0–56,0%) та 0,8–1,0 мм (33,0–58,0%). З ініціальних експлантів 0,2–0,4 мм життєздатних меристем було менше – їх кількість знаходилась на рівні 25,0–38,0% (рис. 1).

**Рис. 1. Приживлюваність апікальних меристем винограду на модифікованих поживних середовищах**

На приживлюваність апікальних меристем впливав і фітогормональний склад поживного середовища. На модифікованих поживних середовищах із підвищеним вмістом вітамінів (тіамін, піридоксин, нікотинова кислота, мезоінозит) і фітогормонів (6-БАП, ГК₃) приживалося на 20,0–22,0% (МС 1, крім апікальних меристем розміром 0,2–0,4 мм) та на 25,0–26,0% (МС 2) більше ініціальних експлантів, ніж на поживному середовищі МС (стандарт).

Через 70–80 діб культивування визначали ступінь регенерації апікальних меристем та проводили обліки їх розвитку. На основі отриманих результатів було встановлено наступне. Рівень прояву регенераційних процесів залежав від обох факторів – розмір ініціального експланту та гормональний склад поживного середовища. Найвищим він був після культивування апікальних меристем на поживному середовищі МС 2. Апікальні меристеми розміром 0,2–0,4 мм характеризувалися рівнем регенерації 36,0%, що на 7,0% більше за аналогічний варіант на МС (стандарт); апікальні меристеми розміром 0,5–0,7 та 0,8–1,0 мм характеризувалися рівнем регенерації 56,0 та 62,0%, що на 21,0–22,0% більше за стандарт (табл. 2).

На поживному середовищі МС 1 рівень регенерації апікальних меристем збільшувався порівняно з варіантами МС (стандарт) на 3,0 (0,2–0,4 мм), 16,0 (0,5–0,7 мм) та 14,0 (0,8–1,0 мм)%.

Протягом періоду культивування апікальних меристем відбувалося формування основних пагонів. Відмічено, що на МС (стандарт) апікальні меристеми давали початок, у середньому, 1,0 пагону висотою 3,5 мм. На МС 1 та МС 2 апікальні меристеми найменших розмірів давали початок 1,2 шт. пагонів висотою 3,9 мм.

Апікальні меристеми розміром 0,5–0,7 мм на МС 1 формували по 1,6 пагонів, висотою 5,0 мм,

на МС 2 – відповідно по 1,8 шт. пагонів, висотою 5,8 мм. Апікальні меристеми розміром 0,8–1,0 мм на МС 1 формували по 1,8 шт. пагонів висотою 5,6 мм, на МС 2 – відповідно по 2,0 пагони, висотою 6,2 мм.

Порівняно зі стандартним МС на середовищі МС 2 ці показники збільшувалися на 75,0 (кількість пагонів) і 36,6 (висота пагонів)%, для ініціальних експлантів розміром 0,2–0,4 мм, на 80,0 і 65,7% для ініціальних експлантів розміром 0,5–0,7 мм та на 53,8 і 55,0% для ініціальних експлантів розміром 0,8–1,0 мм. На МС 1 так само відмічали збільшення цих показників. Відповідно на 28,5 і 7,3% (для ініціальних експлантів розміром 0,2–0,4 мм), на 11,1–13,7% (для ініціальних експлантів розміром 0,5–0,7 мм) та на 10,0–9,6% (для ініціальних експлантів розміром 0,8–1,0 мм).

Оскільки вищенаведені дослідження проводились уперше, було проведено двохфакторний дисперсійний аналіз отриманих результатів (табл. 3).

Основними чинниками впливу на результативні показники (приживлюваність апікальних меристем, рівень регенерації апікальних меристем, кількість регенованих пагонів, висота регенованих пагонів) були: чинник А – тип поживного середовища, чинник Б – розмір апікальних меристем.

У результаті аналізу було отримано фактичні значення критерію Фішера, які порівнювали з табличними величинами. Для чинників А і Б отримані величини критерію Фішера дорівнювали 5821,86 (чинник А), 4121,68 (чинник Б) – за показником приживлюваності апікальних меристем, 420,78 (чинник А) і 562,17 (чинник Б) – за показником рівня регенерації апікальних меристем, 166,47 (чинник А) і 145,34 (чинник Б) – за показником кількості регенованих пагонів та 430,95 (чинник А) і 335,75 (чинник Б) – за

показником висоти регенованих пагонів, за табличного їх значення 3,55. Отже, $F_{\text{факт.}}$ за всіма показниками було більшим за $F_{\text{теор.}}$. Звідси робимо висновок, що обидва чинники достовірно впливали на результативні показники, як окремо, так і при їх взаємодії (за виключенням показника кількості регенованих пагонів).

Даний метод статистичного аналізу дозволив встановити частку впливу кожного чинника з загальної їх сукупності на прояв результативних показників. Доведено, що вплив обох чинників був достатньо високим і знаходився на рівні 39,6–54,4% (чинник А) та 38,5–52,9% (чинник Б) від загальної 100% сукупності. Для всіх показників, крім прояву рівня регенерації, найбільший вплив мав чинник тип поживного середовища. Прояв регенераційних властивостей апікальних меристем у більшій мірі залежав від їх розмірів.

Висновки. На основі експериментальних досліджень встановлено, що найвищим регенераційним потенціалом *in vitro* характеризувалися апікальні меристеми мікроклонів винограду сорту Каберне Совіньйон клон 15 розміром 0,5–1,0 мм після культивування на поживному середовищі МС із підвищеним вмістом фітогормонів (1 мг/л 6-БАП, 0,5 мг/л ГК) та вітамінів. Їх приживлюваність знаходилась на рівні 56,0–62,0%, вони формували по 1,8–2,0 шт. пагонів, висотою 5,8–6,2 мм.

Результати статистичного аналізу довели достовірність отриманих результатів та дали змогу встановити вплив кожного чинника на отримання результативних показників. На показники приживлюваності апікальних меристем, кількість регенованих пагонів, їх висоту найбільший вплив мав чинник А (склад поживного середовища) – 39,6–54,4%, на прояв рівня регенерації апікальних меристем – чинник Б (розмір апікальних меристем) – 38,5–52,9%.

Таблиця 3

Результати дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт.}}$	р-знач.	Вплив чинників, %
Приживлюваність апікальних меристем, %						
Чинник А	2220,93	2	1110,467	5821,86	0,000	54,4
Чинник Б	1572,34	2	786,174	4121,68	0,000	38,5
Чинник А*Чинник Б	287,30	4	71,826	376,56	0,000	7,0
Похибка	3,43	18	0,191			0,1
Рівень регенерації апікальних меристем, %						
Чинник А	1365,20	2	682,601	420,78	0,000	39,6
Чинник Б	1823,93	2	911,967	562,17	0,000	52,9
Чинник А*Чинник Б	229,24	4	57,310	35,32	0,000	6,6
Похибка	29,20	18	1,622			0,9
Кількість регенованих пагонів, шт.						
Чинник А	2,12	2	1,063	166,47	0,000	51,0
Чинник Б	1,85	2	0,928	145,34	0,000	44,5
Чинник А*Чинник Б	0,07	4	0,018	2,82	0,055	1,7
Похибка	0,11	18	0,006			2,8
Висота регенованих пагонів, мм						
Чинник А	15,64	2	7,821	430,95	0,000	52,6
Чинник Б	12,18	2	6,093	335,75	0,000	41,0
Чинник А*Чинник Б	1,61	4	0,402	22,19	0,000	5,4
Похибка	0,32	18	0,018			1,0

Література

1. Андрієвський В. В., Врублевський А. Т., Мацкевич В. В., Мацкевич О. В. Проблеми мікроклонального розмноження фундука. *Агробіологія*. 2019. № 1. С. 74–84. doi: 10.33245/2310-9270-2019-146-1-74-84
2. Демчук І. В., Зарицький М. М. Проблеми оздоровлення картоплі методами біотехнології. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. Випуск 2 (23). С. 179–194.
3. Киенко З. Б., Кімейчук І. В., Мацкевич В. В. Мікроклональне розмноження рослин роду *Actinidia* Lindl. *Сортовивчення та сортознавство*. 2022. 18 (3). С. 220–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269022>
4. Ключаденко А. А., Мельничук М. Д. Особливості клонального мікророзмноження хмелю (*HUMULUS LUPULUS* L.) на безвірусній основі. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2007. Випуск 21. С. 218–224.
5. Мацкевич В. В., Філіпова Л. М., Мацкевич Ю. В. Розробка окремих елементів протоколу сталого росту та розмноження суниці садової (*Fragaria ananassa* Duch.) в асептичних умовах. *Агробіологія*. 2023, № 2. С. 172–186. <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/rozrobka-okremykh-elementiv-protokolu-stalogo-rostu-ta-rozmnozheniya-sunytsi-sadovoyi-fragaria>
6. Олійник О. О., Ключаденко А. А., Мельничук М. Д. Покращення складу живильних середовищ для пришвидшення росту і розвитку троянди ефірооїдної в культурі *in vitro*. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.7. С. 134–139. https://www.researchgate.net/publication/319628082_OPTIMIZATION_OF_CULTURE_MEDIA_CONTENT_FOR_ACCELERATION_OF_GROWTH_AND_CULTIVATION_OF_ROSA_DAMASCENA_MILL_IN_IN_VITRO_CULTURE
7. Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин : монографія. Біла Церква : БНАУ, 2018. 209 с.
8. Сатарова Т. М., Абраїмова О. Є., Вінніков А. І., Черенков А. В. Біотехнологія рослин : навч. посіб. Дніпропетровськ, 2016. С. 11–57.
9. Система сертифікованого виноградного розсадництва України : монографія / В. В. Власов та ін. Київ : Аграрна наука, 2015. 288 с.
10. Шпак В. А. Вплив методів діагностики в добірї зразків картоплі в технології оздоровлення *in vitro*. *Екологічнобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану*: матер. Всеукраїнської наук.-практ. конф. (Київ-Сквира, 10 серпня 2022 року). 2022. С. 166–168.
11. Anca Butiuc-Keul, Ana Coste Biotechnologies and Strategies for Grapevine Improvement. *Horticulturae*. 2023 (9). P. 62. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010062>
12. Medzihradzky A., Gyula P., Sós-Hegedűs A. Szittyá G. & Burgyán J. Transcriptome reprogramming in the shoot apical meristem of CymRSV-infected *Nicotiana benthamiana* plants associates with viral exclusion and the lack of recovery. *Molecular Plant Patholog.* 2019 (12). P. 1748–1758. <https://doi.org/10.1111/mpp.12875>
13. Mostafa F. M. A., Shaaban M. M., Doaa S. Elazab and Kamel M. T. *In vitro* Propagation of Four Grape Cultivars. *Assiut J. Agric. Sci.* 2015 (46) No. (4). P. 65–76 http://www.aun.edu.eg/faculty_agriculture/arabic
14. Nadra Khan, Maqsood Ahmed, Ishfaq Hafiz, Nadeem Abbasi, Shaghef Ejas, Muhammad Anjum Optimizing the concentrations of plant growth regulators for *in vitro* shoot cultures, callus induction and shoot regeneration from calluses of grapes. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 2015 (49). P. 37–45.
15. Sabbadini S., Capriotti L., Limerá C., Navacchi O., Tempesta G., and Mezzetti B. A plant regeneration platform to apply new breeding techniques for improving disease resistance in grapevine rootstocks and cultivars : *BIO Web of Conferences 12, 01019 (2019). 41st World Congress of Vine and Wine*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191201019>.

References

1. Andriievskiy, V. V., Vrublevskiy, A. T., Matskevych, V. V., Matskevych, O. V. (2019) Problemy mikroklonalnohorozmnozheniafunduka [The problems of hazelnut microclonal propagation]. *Ahrobiolohiia*. 1. 74–84. doi: 10.33245/2310-9270-2019-146-1-74-84. [in Ukrainian]
2. Demchuk, I. V., Zarytskyi, M. M. (2012) Problemy ozdovlennia kartopli metodamy biotekhnolohii [Problems of disease eradication systems for potato cultivars by biotechnological methods]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2 (23). 179–194. [in Ukrainian]
- 1 Vlasov, V. V. (Ed) (2015) Systema sertyfikovanoho vynohradnoho rozsadnytstva Ukrainy : monohrafiia [The system of certified grape nurseries of Ukraine: monograph] / ta in. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
3. Kyienko, Z. B., Kimeichuk, I. V., Matskevych, V. V. (2022) Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn rodu *Actinidia* Lindl [Micropropagation of plants of the genus *Actinidia* Lindl.]. *Sortovyvchennia ta sortoznavstvo*. 18 (3). 220–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.3.2022.269022> [in Ukrainian]
4. Kliuvadenko, A. A., Melnychuk, M. D. (2007) Osoblyvosti klonalnoho mikrorozmnozhenia khmeliu (*Humulus Lupulus* L.) na bezvirusnii osnovi [Ability of Micropagation of Hops (*Humulus Lupulus* L.) on Anvirus Basis]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriiá Biolohiia*. 21. 218–224. [in Ukrainian]
5. Matskevych, V. V., Filipova, L. M., Matskevych, Yu. V. (2023) Rozrobka okremykh elementiv protokolu staloho rostu ta rozmnozhenia sunytsi sadovoi (*Fragaria ananassa* Duch.) v aseptychnykh umovakh [Development of individual elements of a protocol for sustainable growth and propagation of garden strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) under aseptic conditions]. *Ahrobiolohiia*. 2. 172–186. <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/rozrobka-okremykh-elementiv-protokolu-stalogo-rostu-ta-rozmnozheniya-sunytsi-sadovoyi-fragaria> [in Ukrainian]
6. Oliinyk, O. O., Kliuvadenko, A. A., Melnychuk, M. D. (2016) Pokrashchennia skladu zhyvylnykh seredovyshch dlia pryshvydshennia

rostu i rozvytku troiandy efirooliinoi v kulturi *in vitro* [Optimization of Culture Media Content for Acceleration of Growth and Cultivation of Rosa Damascena Mill. *in vitro* Culture]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 26.7. 134–139. https://www.researchgate.net/publication/319628082_OPTIMIZATION_OF_CULTURE_MEDIA_CONTENT_FOR_ACCELERATION_OF_GROWTH_AND_CULTIVATION_OF_ROSA_DAMASCENA_MILL_IN_IN_VITRO_CULTURE [in Ukrainian]

7. Podhaietskyi, A. A. (2018) Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhennia vydiv roslyn : monohrafiia [Peculiarities of microclonal propagation of plant species: monograph]. Bila Tserkva : BNAU. [in Ukrainian]

8. Satarova T. M., Abraimova O. Ye., Vinnikov A. I., Cherenkov A. V. (2016) Biotehnologiya roslyn : navch. posib. [Biotechnology of plants]. Dnipropetrovsk. [in Ukrainian]

9. Vlasov, V. V. (Ed) (2015) Systema sertyfikovanoho vynohradnoho rozsadnytstva Ukrainy : monohrafiia [The system of certified grape nurseries of Ukraine: monograph] / ta in. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian]

10. Shpak, V. A. (2022) Vplyv metodiv diahnostyky v dobori zrazkiv kartopli v tekhnologii ozdorovlennia *in vitro* [The influence of diagnostic methods in the selection of potato samples in the technology of *in vitro* improvement]. *Ekolohobezpechni tekhnologii v roslynnystvi v umovakh voiennoho stanu: mater.*

Vseukrainskoi nauk.-prakt. konf. (Kyiv-Skvyra, 10. 08. 2022). 166–168. [in Ukrainian]

11. Anca Butiuc-Keul, Ana Coste (2023) Biotechnologies and Strategies for Grapevine Improvement. *Horticulturae*. 9. 62. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010062>

12. Medzihradzky, A., Gyula, P., Sós-Hegedűs, A. Szittyá, G. & Burgyán, J. (2019) Transcriptome reprogramming in the shoot apical meristem of CymRSV-infected *Nicotiana benthamiana* plants associates with viral exclusion and the lack of recovery. *Molecular Plant Patholog.* 12. 1748–1758. <https://doi.org/10.1111/mpp.12875>

13. Mostafa, F. M. A., Shaaban, M. M., Doaa, S. Elazab and Kamel, M. T. (2015) *In vitro* Propagation of Four Grape Cultivars. *Assiut J. Agric. Sci.*. 46. (4). 65–76 http://www.aun.edu.eg/faculty_agriculture/arabic

14. Nadra Khan, Maqsood Ahmed, Ishfaq Hafiz, Nadeem Abbasi, Shaghef Ejas, Muhammad Anjum (2015) Optimizing the concentrations of plant growth regulators for *in vitro* shoot cultures, callus induction and shoot regeneration from calluses of grapes. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 49. 37–45.

15. Sabbadini, S., Capriotti, L., Limerá, C., Navacchi, O., Tempesta, G. & Mezzetti B. (2019) A plant regeneration platform to apply new breeding techniques for improving disease resistance in grapevine rootstocks and cultivars : BIO Web of Conferences 12, 01019. 41st World Congress of Vine and Wine. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191201019>

**О. В. Мельник**

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: novsad@ukr.net

О. О. Дрозд

доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: olga.drozd@ukr.net

**Л. М. Ременюк**

технолог,
СТОВ «Енограй» (с. Дніпровське, Україна)
E-mail: r.l.m.@ukr.net

ПЕРЕДЗБИРАЛЬНЕ ДОСТИГАННЯ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА ЗА ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ

Стаття присвячена дослідженню змін активності емісії етилену, фізико-хімічних показників та індексу Стрейфа яблук сорту Ренет Симиренка у передзбиральний період залежно від обробки дерев етиленпродуцентом. Етрел (етефон) широко застосовують у плодоносних насадженнях яблуні, груші, вишні і сливи для блокування процесів росту, проріджування зав'язі та прискорення дозрівання плодів, в Україні ж зареєстрований для прискорення дозрівання томатів і запобігання виляганню посівів зернових культур.

Дослідження у 2012–2013 рр. проводили в Уманському національному університеті садівництва. Деревя пізньозимового сорту Ренет Симиренка за два тижні до очікуваного збирання врожаю обробляли фізіологічно активною речовиною Етрел (етефон, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, 20 г/га); контрольні ділянки обприскували водою. За загальноприйнятими методиками кожні сім днів після обробки визначали етилен-активність, йод-крохмальну пробу, масу плодів, щільність м'якуша, основне забарвлення, вміст сухих розчинних речовин та індекс Стрейфа.

Встановлено, що обприскування насаджень яблуні пізньозимового сорту Ренет Симиренка Етрелом в суміші з КАНО за два тижні до збирання врожаю не впливає на зміну маси яблук у передзбиральний період, у той же час прискорюється деградація в плодах крохмалю – показник йод-крохмальної проби за 14 діб після обробки в 1,6 раза вищий, порівняно з її відсутністю. Обробка етиленпродуцентом суттєво активізує зниження щільності м'якуша, зміну основного забарвлення (вищий рівень відбивання шкіркою світла на хвилі 675 нм) і вмісту сухих розчинних речовин, удвічі прискорюючи процес дозрівання (за індексом Стрейфа), та підвищуючи етилен-активність плодів у післязбиральний період.

Ключові слова: яблука, Ренет Симиренка, передзбиральна обробка, Етрел, КАНО, маса плоду, етилен-активність, йод-крохмальна проба, фізико-хімічні показники, індекс Стрейфа.

A. V. Melnyk

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Fruit Produktion and Viticulture,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: novsad@ukr.net

O. O. Drozd

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technologies,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: olga.drozd@ukr.net

L. M. Remeniuk

Technologist,
STOV "Enograi" (Dniprovske, Ukraine)
E-mail: r.l.m.@ukr.net

PRE-HARVEST DEVELOPMENT OF APPLES CV. REINETTE SYMYRENKO ON TREES SPRAYED WITH ETHYLENE-PRODUCER

The article is devoted to the study of changes in the activity of ethylene emission, physico-chemical indicators and the Streif index of Reinette Symyrenko apples in pre-harvest period depending on the tree treatment with Ethrel. In the middle climate zone of Ukraine, due to the possible frost damage in early October and an unwanted dirty-brown blush, apples cv. Reinette Symyrenko are often harvested prematurely, which negatively affects the taste. Ethrel is widely used in fruit-bearing orchards to block the growth and accelerate fruit ripening; and in Ukraine it is registered to accelerate the ripening of tomatoes.

The research was carried out during 2012–2013 at Uman National University of Horticulture. Fourteen days before the expected harvest, trees of late-winter cv. Reinette Symyrenko were sprayed with Ethrel (ethephon, 180 g/ha) with the addition of NAA to prevent fruit drop (potassium salt of α -naphthylacetic acid, 20 g/ha); control areas were sprayed with water. Every seven days after treatment, ethylene activity, iodine-starch index, fruit weight, flesh firmness, main ground color, soluble dry matter content and the Streif index were determined.

It was found out that spraying of apple orchards with Ethrel two weeks before the predicted harvest date does not affect the change in fruit weight during a pre-harvest period. At the same time, the degradation of starch accelerates – the iodine-starch index 14 days after treatment was 1.6 times higher, as compared with the no-treatment practice.

Treatment significantly activates the decrease of flesh firmness, the change in the main color (higher level of light reflection by the skin at a wavelength of 675 nm) and the soluble dry matter content, doubling the ripening process of apples (according to the Streif index) and increasing the fruit ethylene activity in a post-harvest period.

Key words: apples, Reinette Simyrenko, pre-harvest tree treatment, fruit weight, ethylene activity, physico-chemical parameters, Streif index.

Постановка проблеми. Застосування фізіологічно-активних речовин для покращення забарвлення, збільшення так званого «вікна» збирання врожаю і зниження передзбирального опадання плодів прискорює досягання яблук на дереві, що враховують під час визначення оптимального терміну збирання та закладання на зберігання [7, 8, 20, 22]. Зважаючи на загрозу заморозку на початку жовтня і небажаний брудно-коричневий рум'янець, яблука пізнозимового сорту Ренет Симиренка в середній кліматичній зоні України нерідко збирають передчасно, що негативно впливає на смак плодів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Етрел (етефон) в Україні зареєстрований для прискорення дозрівання томатів і запобігання вилягання посівів зернових культур, у світі ж цей препарат широко застосовують у плодоносних насадженнях яблуні, груші, вишні і сливи для стримування росту [10], проріджування зав'язі та прискорення дозрівання врожаю [5, 6, 14]. Обробка насаджень у передзбиральний період підвищує етилен-активність яблук, знижує рівень крохмалю і щільність м'якуша [9, 18], інтенсивніше накопичуються воски, α -фарнезен і зростають втрати продукції від функціональних розладів під час зберігання [14, 15].

Мета дослідження – встановлення впливу обробки насаджень яблуні етиленпродуцентом на зміну етилен-активності, фізико-хімічних показників та індексу Стрейфа яблук пізнозимового сорту Ренет Симиренка у передзбиральний період.

Методика дослідження. Дослідження у 2012–2013 рр. проводили в Уманському національному університеті садівництва. Насадження яблуні сорту Ренет Симиренка на карликовій підщепі М.9 за два тижні до очікуваного збору врожаю обробляли фізіологічно-активною речовиною Етрел (етефон, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, що запобігає передчасному опаданню плодів, 20 г/га); контрольні ділянки обприскували водою. Витрата робочої рідини – 300 л/га.

За загальноприйнятими методиками щотижня визначали етилен-активність, йод-крохмальну пробу, масу плодів, щільність м'якуша, основне забарвлення, вміст сухих розчинних речовин та індекс Стрейфа [3]. Масу плоду визначали зважуванням, йод-крохмальну пробу – на поперечному перерізі за шкалою СТІFL (10 балів – відсутність крохмалю), основне забарвлення – спектроколориметром «Sprekol» за відбиванням від поверхні плоду, в місці без покривного забарвлення, світла довжиною хвилі 675 нм (відповідає максимуму поглинання хлорофілом); щільність м'якуша – закріпленим на штативі пенетрометром FT-327 з плунжером діаметром 11 мм (шкірку зрізували), вміст сухих розчинних речовин – рефрактометром РПЛ-3М за ДСТУ ISO 2173:2007 [2]. Інтенсивність виділення плодами етилену (у мкл/кг · год.) визначали в динаміці портативним газоаналізатором ІСА-56 з електрохімічним детектором (International controlled

atmosphere ltd., Великобританія) з точністю $\pm 0,2$ ppm у діапазоні 0...100 ppm [1].

Індекс Стрейфа – комплексний показник, що враховує щільність м'якуша, вміст сухих розчинних речовин і ступінь гідролізу крохмалю, розраховували за формулою [21]:

$$IS = \frac{\text{Щ}}{(\text{СРР} \times \text{ЙКП})}, \text{ де}$$

Щ – щільність м'якуша, кг/см²;

СРР – вміст сухих розчинних речовин, %;

ЙКП – показник йод-крохмальної проби (шкала 10-бальна).

Результати досліджень обробляли програмою «Statistica-12».

Основні результати досліджень. Хоча під час передзбирального досягання маса яблука неухильно зростала, на її збільшення достовірного впливу обробки сумішшю Етрелу з КАНО не встановлено (рис. 1, зліва), тоді як у плодів з оброблених дерев показник йод-крохмальної проби суттєво зростає внаслідок деградації крохмалю (рис. 1, справа). Обробка дерев етиленпродуцентом прискорює передзбиральне досягання плодів (вміст крохмалю знижується), внаслідок чого показник йод-крохмальної проби за два тижні після обробки (24.IX) в 1,6 раза вищий. Подібні дані у Молдові отримано А. Pesteanu для яблук сорту Гала Маст [17].

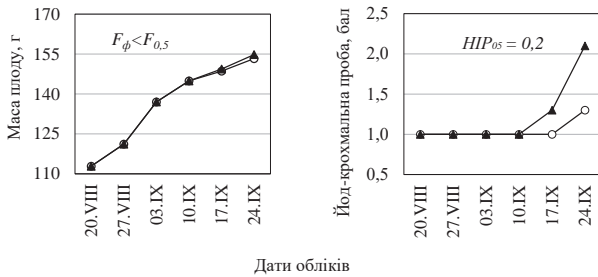


Рис. 1. Зміна маси плодів (зліва) та йод-крохмальної проби (справа) яблук сорту Ренет Смиренка в передзбиральний період за обробки дерев етиленпродуцентом: –○– без обробки, –▲– Етрел з КАНО

Щільність м'якуша визначається помологічним сортом, умовами сезону вегетації, особливостями агротехніки і терміном збирання врожаю та знижується зі збільшенням розміру плодів [16] (рис. 2, справа).

Під час передзбирального досягання і післязбирального дозрівання в шкірці яблук зменшується рівень хлорофілу, що супроводжується проявленням інших пігментів і, як наслідок, – зростанням відбивання на хвилі поглинання світла хлорофілом та зміною основного забарвлення. У передзбиральний період відбивання світла монотонно зростало (див. рис. 2, справа) і за обробки насаджень етиленпродуцентом показник станом на 24.IX на 0,4% вищий, порівняно з її відсутністю. Нижчий вміст хлорофілу, а отже вищий рівень відбивання світла шкіркою яблук сорту Анна за передзбиральної обробки

насаджень Етрелом виявлено К. М. Farag зі співавторами в Єгипті [11].

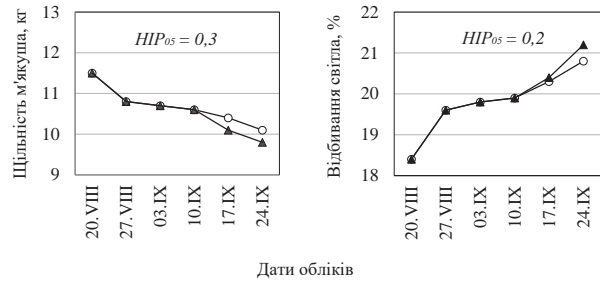


Рис. 2. Зміна щільності м'якуша (зліва) та відбивання від шкірки яблук сорту Ренет Смиренка світла на хвилі 675 нм (справа) в передзбиральний період за обробки дерев етиленпродуцентом: –○– без обробки, –▲– Етрел з КАНО

Вміст сухих розчинних речовин у передзбиральний період неухильно збільшувався (рис. 3, зліва) і за тиждень після обробки (17.IX) суттєво зріс в яблуках з оброблених етиленпродуцентом дерев, досягнувши за два тижні вищого на 0,4% значення (24.IX), порівняно з плодами із насаджень без обробки. Рівень показника пов'язують з високим вмістом розчинних пектинів, що є наслідком розм'якшення плодів під час досягання [19] – за нижчої щільності м'якуша (x) вміст сухих розчинних речовин вищий (y) ($y = -2,35x + 36,28$; $R^2 = 0,91$).

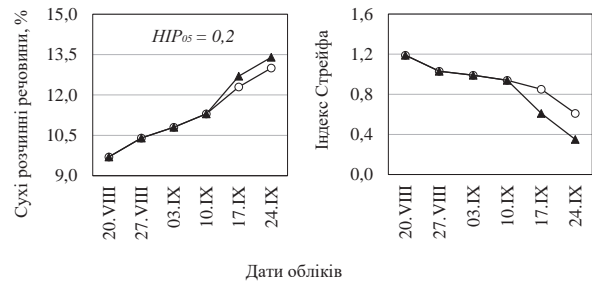


Рис. 3. Зміна вмісту сухих розчинних речовин (зліва) та індексу Стрейфа (справа) яблук сорту Ренет Смиренка в передзбиральний період за обробки дерев етиленпродуцентом: –○– без обробки, –▲– Етрел з КАНО

Термін збирання – один з основних чинників, що визначає якість плодів під час тривалого холодильного зберігання та мінімізує втрати під час реалізації [4, 12]. Основні критерії визначення оптимального терміну збирання яблук – оцінка розпаду крохмалю (йод-крохмальна проба), вміст сухих розчинних речовин, щільність м'якуша й обчислення індексу Стрейфа [21].

Суттєва зміна індексу Стрейфа свідчить, що передзбиральна обробка насаджень яблуні сорту Ренет Смиренка етиленпродуцентом майже удвічі прискорила процес досягання, порівняно з відсутністю такої обробки (див. табл. 3, справа). Зниження індексу Стрейфа і прискорення досягання яблук сорту Ауксис за передзбиральної

обробки насаджень етиленпродуцентом встановлено у Литві N. Kvikliene зі співавторами [13].

За передзбиральної обробки насаджень етиленпродуцентом етилен-активність свіжозібраних плодів одразу після збирання більш ніж удвічі вища (рис. 4) і за витримування в кімнатних умовах суттєво зростала, що є свідченням прискореного післязбирального дозрівання продукції. Найвищу емісію етилену – 22,7 мкл/кг·год. – зафіксовано на 10 добу експозиції плодів з насаджень, оброблених етиленпродуцентом.

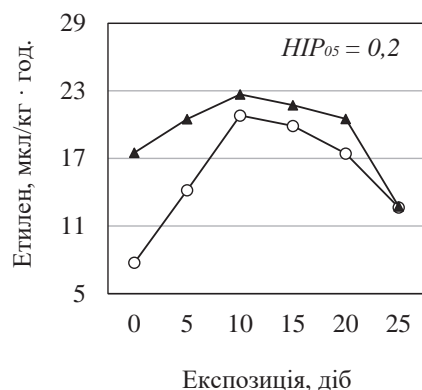


Рис. 4. Динаміка виділення етилену яблуками сорту Ренет Симиренка за температури 20 °С після збирання за обробки дерев етиленпродуцентом: –○– без обробки, –▲– Етрел з КАНО

Висновки. Обприскування насаджень яблуні пізньозимового сорту Ренет Симиренка етиленпродуцентом Етрел в суміші КАНО за два тижні до збирання врожаю не впливає на зміну маси плодів у передзбиральний період, у той же час прискорюється деградація крохмалю – в 1,6 рази вищий показник йод-крохмальної проби за 14 діб від обробки. Обробка суттєво активізує зниження щільності м'якуша яблук, зміну основного забарвлення (вище відбивання шкіркою світла на хвилі 675 нм) і вмісту сухих розчинних речовин, удвічі прискорюючи передзбиральне досягання яблук (за індексом Стрейфа) та підвищуючи етилен-активність плодів у післязбиральний період.

Подяка польській фірмі «Агрофреш» за надання аналізатора етилену ICA-56.

Література

1. Дрозд О. О., Мельник О. В. Визначення етилен-активності плодів. *Modern research in world science: матер. XI Міжн. наук.-практ. конф.* (29–31.01.2023). Львів, 2023. С. 46–48.
2. ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). [Чинний від 01.01.2009]. Вид. офіц. Київ, 2009. 16 с.
3. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід. К.: Укр. НДІ садівництва. 1980. 75 с.
4. Blazek J., Pistekova I. Prediction of the harvesting time for four apple cultivars on the basis of beginning of flowering and attaining of T-stage of fruitlets and dependence of diameter of fruitlets

at T-stage and fruits at ripening stage. *Journal of Horticultural Research*. 2017. Vol. 25 (1). P. 55–59. DOI: 10.1515/johr-2017-0006.

5. Carra B., Dini M., Abreu E. S., Pasa M. S., Pasa C. P., Francescato P., Herter F. G., Mello-Farias P. C. Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*. 2021. No 1303_41. P. 291–298. DOI:10.17660/ActaHortic.2021.1303.41.

6. Cocco C., Schildt G. W., Tessaro F. A. Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Agriculture, Agribusiness and Biotechnology*. 2021. Vol. 65. P. 1–11. DOI: 10.1590/1678-4324-2022210183.

7. Curry E. A. Changes in ripening physiology of Delicious and Fuji apples treated preharvest with NAA. *Acta Horticulturae*. 2006. № 727. P. 481–488. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.727.59.

8. Dal C. V., Danesin M., Botton A., Boschetti A. Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant growth regul.* 2008. № 56 (3). P. 317–325.

9. Drake S. R., Eisele T. A., Drake M. A., Elfving D. C. The influence of aminoethoxyvinylglycine and ethephon on objective and sensory quality of Delicious apples and apple juice at harvest and after storage. *HortScience*. 2005. Vol. 40 (7). P. 2102–2108. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.7.2102.

10. Duyvelshoff C., Cline J. A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 151. P. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002.

11. Farag K. M., Nagy N. M. N., Haikal A. M., Derhab S. Mitigation of ethephon and protone influence while improving Anna apples coloration, fruit quality and storability by preharvest application of sprayable 1-MCP. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2015. Vol. 14 (2). P. 1–23.

12. Goncalves M. W., Argenta L., Martin de M. Maturity and quality of apple fruit during the harvest period at apple industry. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2017. Vol. 39 (5). P. 1–10. DOI: 10.1590/0100-29452017825.

13. Kvikliene N., Kviklys D., Sasnauskas A. Effect of plant growth regulators on apple fruit preharvest drop and quality. *Journal of fruit and ornamental plant research*. 2010. Vol. 18 (2). P. 79–84.

14. Li F., Zhang X., Jiang Y., Li X. Preharvest application of 1-methylcyclopropene and ethephon altered cuticular wax biosynthesis and fruit quality of apples at harvest and during cold storage. *Horticultural Plant Journal*. 2022. Vol. 8 (2). P. 143–152. DOI: 10.1016/j.hpj.2021.11.008.

15. Lurie S., Watkins C. B. Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest biology and technology*. 2012. Vol. 65. P. 44–60. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.11.001.

16. Nadulski R., Szczepanik M., Kobus Z., Guz T., Panasiewicz M. Jędrność jako istotne kryterium oceny jakości w dystrybucji owoców. *Logistyka*. 2015. № 5. P. 415–422.

17. Pesteanu A. Effects of ethephon application on color development of Gala Must apples. *Bulletin UASVM Horticulture*. 2017. Vol. 74 (1). P. 26–32. DOI: 10.15835/buasvmcn-hort:12267.

18. Schultz E. E., Mallmann W. L., Ludwig V., Thewes F. R., Pasquetti B. M. R. Aminoethoxyvinylglycine,

naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of Galaxy apples. *Erwerbs-Obstbau*. 2023. Vol. 65 (1). P. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w.

19. Steffens C. A., Amarante C. V. T., Chechi R., Zanardi O. Z., Espindola B. P., Meneghini A. L. Preharvest spraying with aminoethoxyvinylglycine or gibberelic acid improves postharvest fruit quality of Laetitia plums. *Bragantia Campinas*. 2011. Vol. 70. P. 222–227.

20. Steffens C. A., Guarienti A. J. W., Storck L., Brackmann A. Maturation of the Gala apple with preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. *Ciencia Rural*. 2006. Vol. 36 (2). P. 434–440. DOI: 10.1590/S0103-84782006000200012.

21. Streif J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date, 9–10 June 1994*. Lofthus, Norway. 1994. P. 178–183.

22. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.

References

1. Drozd, O. A., Melnyk, A. V. (2023). Vyznachennia etylen-aktyvnosti plodiv. [Betermination of ethylene activity of fruits]. Modern research in world science: mater. XI Mizhn. nauk.-prakt. konf. (29–31.01.2023) [in Ukrainian].

2. DSTU ISO 2173:2007. (2009). Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh suhyh rehovyn refraktometrychnym metodom. [Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids by the refractometric method]. Vyd. ofic. Kyiv, 16. [in Ukrainian].

3. Metodichni rekomendacii z pytan zberigannia i pererobky plodiv ta jagid. (1980). [Methodical recommendations on storage and processing of fruits and berries]. K.: Ukr. NDI sadivnyctva, 75 [in Ukrainian].

4. Blazek, J., Pistekova, I. (2017). Prediction of the harvesting time for four apple cultivars on the basis of beginning of flowering and attaining of T-stage of fruitlets and dependence of diameter of fruitlets at T-stage and fruits at ripening stage. *Journal of Horticultural Research*, 25 (1), 55–59. DOI: 10.1515/johr-2017-0006.

5. Carra, B., Dini, M., Abreu, E. S., Pasa, M. S., Pasa, C. P., Franciscato, P., Herter, F. G., Mello-Farias, P. C. (2021). Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*, 1303_41, 291–298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1303.41.

6. Cocco, C., Schildt, G. W., Tessaro, F. A. (2021). Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Agrivulture, Agribusiness and Biotechnology*, 65, 1–11. DOI: 10.1590/1678-4324-2022210183.

7. Curry, E. A. (2006). Changes in ripening physiology of Delicious and Fuji apples treated preharvest with NAA. *Acta Horticulturae*, 727, 481–488. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.727.59.

8. Dal, C. V., Danesin, M., Botton, A., Boschetti, A. (2008). Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant growth regul.*, 56 (3), 317–325.

9. Drake, S. R., Eisele, T. A., Drake, M. A., Elfving, D. C. (2005). The influence of aminoethoxyvinylglycine and ethephon on objective and sensory quality of Delicious

apples and apple juice at harvest and after storage. *HortScience*, 40 (7), 2102–2108. DOI: 10.21273/HORTSCI.40.7.2102.

10. Duyvelshoff, C., Cline, J. A. (2013). Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*, 151, 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002.

11. Farag, K. M., Nagy, N. M. N., Haikal, A. M., Derhab, S. (2015). Mitigation of ethephon and protone influence while improving Anna apples coloration, fruit quality and storability by preharvest application of sprayable 1-MCP. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 14 (2), 1–23.

12. Goncalves, M. W., Argenta, L., Martin, de M. (2017). Maturity and quality of apple fruit during the harvest period at apple industry. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39 (5), 1–10. DOI: 10.1590/0100-29452017825.

13. Kvikliene, N., Kviklys, D., Sasnauskas, A. (2010). Effect of plant growth regulators on apple fruit preharvest drop and quality. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 18 (2), 79–84.

14. Li, F., Zhang, X., Jiang, Y., Li, X. (2022). Preharvest application of 1-methylcyclopropene and ethephon altered cuticular wax biosynthesis and fruit quality of apples at harvest and during cold storage. *Horticultural Plant Journal*, 8 (2), 143–152. DOI: 10.1016/j.hpj.2021.11.008.

15. Lurie, S., Watkins, C. B. (2012). Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest biology and technology*, 65, 44–60. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.11.001.

16. Nadulski, R., Szczepanik, M., Kobus, Z., Guz, T., Panasiewicz, M. (2015). Jędrność jako istotne kryterium oceny jakości w dystrybucji owoców. *Logistyka*, 5, 415–422.

17. Pesteanu, A. (2017). Effects of ethephon application on color development of Gala Must apples. *Bulletin UASVM Horticulture*, 74 (1), 26–32. DOI: 10.15835/buasvmcn-hort:12267.

18. Schultz, E. E., Mallmann, W. L., Ludwig, V., Thewes, F. R., Pasquetti, B. M. R. (2023). Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of Galaxy apples. *Erwerbs-Obstbau*, 65 (1), 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w.

19. Steffens, C. A., Amarante, C. V. T., Chechi, R., Zanardi, O. Z., Espindola, B. P., Meneghini, A. L. (2011). Preharvest spraying with aminoethoxyvinylglycine or gibberelic acid improves postharvest fruit quality of Laetitia plums. *Bragantia Campinas*, 70, 222–227.

20. Steffens, C. A., Guarienti, A. J. W., Storck, L., Brackmann, A. (2006). Maturation of the Gala apple with preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. *Ciencia Rural*, 36 (2), 434–440. DOI: 10.1590/S0103-84782006000200012.

21. Streif, J. (1994). Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date, 9–10 June 1994*. Lofthus, Norway, 178–183.

22. Yuan, R., Li, J. (2008). Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*, 43 (5), 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.

**I. М. Трушев**

аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: ivantrushev@gmail.com

ҐРУНТОВІ УМОВИ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ СОРТУ ЧЕМПІОН АРНО ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО УДОБРЕННЯ

У сучасному садівництві спостерігається подвійна тенденція щодо родючості ґрунту та продуктивності екосистем. З одного боку, через інтенсивне використання земель відбувається їх деградація, що призводить до погіршення агрохімічних властивостей, забруднення ґрунтів та зниження врожайності рослин. З іншого боку, застосування науково обґрунтованих методів обробітку ґрунту та систем удобрень сприяє підвищенню ефективності мінеральних добрив, збереженню родючості ґрунтів і збільшенню врожайності культур. Розглянуто результати досліджень впливу оптимізованої системи удобрення на основні показники родючості чорнозему опідзоленого та врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно в Правобережному Лісостепу України. Дослідження проводили упродовж 2021–2023 рр. у дослідному насадженні яблуні Уманського національного університету садівництва. Об'єктами дослідження були різні варіанти удобрення дерев яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106. В результаті досліджень виявлено незначне зниження гумусованості ґрунту, в залежності від варіанту удобрення, від 0,01% до 0,06%. За період проведення досліджень вміст нітратного азоту (за нітрифікаційною здатністю) в ґрунті був найвищим у варіантах $N_{120}P_{90}K_{90}$ (виробничий контроль) та НРКрозрахунковий, хоча дещо нижче оптимального рівня. Вміст у ґрунті рухомих сполук фосфору був вище оптимального рівня по всіх досліджуваних варіантах тоді, як обмінного калію лише де вносилося повне мінеральне добриво $N_{120}P_{90}K_{90}$. Найвищу врожайність плодів яблуні сорту Чемпіон Арно (33,4 т/га) отримано за внесення розрахункової норми НРК з доведенням їх до оптимальних рівнів з додатковим підживленням навесні та восени азотом та бором та застосуванням Вуксал Біо Аміноплант, де врожайність плодів вища на 37% порівняно з неудобрюваними деревами та на 24% порівняно з виробничим контролем, де щорічно вносили $N_{120}P_{90}K_{90}$. Внесенням розрахованих за результатами агрохімічного аналізу ґрунту норм добрив у саду створюються оптимальні рівні вмісту в кореневмісному шарі доступних для рослин сполук і форм елементів живлення. Ці зміни в показниках родючості ґрунту чорнозему опідзоленого сприяють більш оптимізованому мінеральному живленню і, відповідно, підвищують продуктивність яблуневих дерев.

Ключові слова: яблуня, родючість ґрунту, система удобрення, елементи живлення, оптимальний рівень, урожайність.

I. M. Trushev

Postgraduate student at the Department of Fruit Science and Viticulture
Uman national university of horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: ivantrushev@gmail.com

SOIL CONDITIONS AND YIELD CAPACITY OF APPLE TREE ORCHARDS, CULTIVAR CHAMPION ARNO, DEPENDING ON OPTIMISED FERTILIZATION

There exists a dual tendency concerning soil fertility and ecosystem productivity in present-day horticulture. On the one hand, due to the intensive use of land its degradation occurs, which leads to the worsening of agro-chemical properties, the contamination of the soils and the lowering of the plant yield capacity. On the other hand, the application of the scientifically grounded techniques of tillage and as well as the fertilization systems facilitates the increase of the mineral fertilizer efficiency, the preservation of soil fertility and the increase of crop yield capacity. The research results of the effect of the optimized fertilization system, based on the indicators of the chernozem opodzolic fertility and the yield capacity of Champion Arno apple trees in the Right bank Forest steppe zone of Ukraine, were considered. The trials were carried out in the experimental apple tree orchard of Uman national university of horticulture in the years of 2021–2023. Various fertilization treatments of apple trees, cultivar Champion Arno on rootstock MM.106, were the objects of the research. The results of the research showed a significant decrease in soil humus content in relation to a fertilization treatment, namely, from 0.01% to 0.06%. In the years under study, the content of nitrate nitrogen (according to nitrification capacity) in the soil in all studied treatments was lower than the optimal level. The content of phosphorus mobile compounds in the soil in all studied treatments was higher than the optimal level whereas the content of exchangeable potassium was higher only in a treatment when complete mineral fertilizer $N_{120}P_{90}K_{90}$ was applied. The highest yield capacity of apple trees, cultivar Champion Arno, (33.4 t/ha) was recorded when calculated rates of NPK were applied and they were equal to the optimal levels with the additional nutrition in spring and

autumn (nitrogen, boron and VuksalBioAminoplant were used); the fruit yield capacity was higher by 37% as compared with that of the untreated trees and it was higher by 24% as compared with the production control, where fertilizer $N_{120}P_{90}K_{90}$ was applied annually. The application of the fertilizer rates, calculated based on the agro-chemical analysis of the soil, creates the optimal levels of the content of the doses of compounds and forms of nutrition element in a root layer which are available for the plants. These changes in the indicators of the chernozem opodzolic fertility favor more optimized mineral nutrition and, in turn, enhance the apple tree productivity.

Key words: apple tree, soil fertility, system of fertilization, nutrition elements, optimal level, yield capacity.

Постановка проблеми. В сучасному садівництві відбувається двояка тенденція відносно родючості ґрунту та продуктивності екосистем. З одного боку, внаслідок інтенсивного використання землі відбувається її деградація, що призводить до погіршення агрохімічних властивостей, забруднення ґрунтів та зменшення врожайності рослин. З іншого боку, застосування науково обґрунтованих методів обробітку ґрунту та систем удобрень сприяє підвищенню ефективності мінеральних добрив, збереженню родючості ґрунтів і збільшенню врожайності культур [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У дослідженнях [3, 4], проведених в різних ґрунтово-кліматичних умовах виявлено, що при тривалому внесенні мінеральних добрив спостерігалось збільшення вмісту гумусу. Наприклад, на польових культурах це було пов'язано зі збільшенням кількості післяжнивних та кореневих решток, тоді як у плодових насадженнях це сталося через збільшення кількості органічного опаду на деревах, де застосовували мінеральні добрива. У ґрунті, який взагалі не підлягав удобренню, спостерігалось зниження рівня гумусу в порівнянні з початковим вмістом.

У дослідженнях [5], проведених в Уманському НУС встановлено, що застосування розрахункових на основі результатів агрохімічного аналізу ґрунту норм добрив у саду дозволяє досягти оптимальних рівнів доступних для рослин сполук та форм мінеральних макроелементів (NPK) у кореновому шарі ґрунту. Ці зміни у показниках родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту сприяли більш оптимальному мінеральному живленню та, відповідно, збільшенню продуктивності насаджень груші.

Оптимізоване удобрення забезпечує належне живлення плодових рослин мінеральними елементами та позитивно впливає на весь садовий агрофітоценоз, сприяючи підвищенню економічної ефективності вирощування плодової продукції завдяки раціональному використанню добрив [6–9].

Мета досліджень. Метою досліджень є забезпечення високої врожайності плодів яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106 у незрошуваному насадженні залежно від змін показників родючості ґрунту.

Умови і методика досліджень. Дослідження проводили у яблуневому саду Уманського національного університету садівництва за схемою садіння дерев яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106 4×1,5 м.

Схема досліду включає варіанти з ґрунтовим удобренням: без добрив (контроль), $N_{120}P_{90}K_{90}$ (виробничий контроль), NPK_{розрахунковий}. ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений. При закладанні досліді рівень забезпечення ґрунту нітратним азотом (за нітрифікаційною здатністю при 14-добовому компостуванні) був недостатній

(вміст $N-NO_3$ у шарі 0–40 см становив 19,7 мг/кг ґрунту, що менше оптимального рівня (25,0 мг/кг) на 5,3 мг/кг). Забезпечення рухомими формами фосфору і калію (за методом Егнера–Ріма–Домінго) відповідно було вищим і недостатнім у шарі 0–60 см (вміст P_2O_5 становив 157 мг/кг за оптимального 70–100 мг/кг і K_2O – 224 мг/кг, що менше оптимального рівня (230–280 мг/кг ґрунту) на 6 мг/кг). Тому для створення оптимального фону живлення азотом і калієм, за показниками агрохімічних аналізів згідно з відповідними рекомендаціями [6] була розрахована норма азотного та калійного добрива для доведення вмісту $N-NO_3$ і K_2O в ґрунті до оптимальних рівнів, яка становила 37,6 кг N і 96 кг K_2O на 1 га. Далі ґрунт у досліді аналізували щорічно і за результатами аналізів розраховували норми азотного добрива для підтримання оптимального вмісту $N-NO_3$ у кореновмісному шарі ґрунту (0–40 см). Вони за три роки досліджень були в межах 27–38 кг N на 1 га саду. Добрива в ґрунт приштамбової смуги вносили навесні (селітра аміачна) та восени (суперфосфат гранульований і калій хлористий) із наступною їх заробкою.

Всі дослідження, виміри та обліки виконували за апробованими й стандартизованими методиками, описаними в методичній літературі [10, 11]. Статистичну обробку проводили методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм.

Основні результати досліджень. Вплив системи удобрення насаджень яблуні сорту Чемпіон Арно на показники родючості ґрунту вивчали впродовж 2021–2023 років (рис. 1). В результаті досліджень виявлено незначне зниження гумусованості ґрунту. Так у варіанті де добрива не вносили вміст гумусу знизився на 0,06%, тоді як у варіанті виробничого контролю, де було внесено щороку $N_{120}P_{90}K_{90}$ вміст гумусу знизився лише на 0,01%. У варіанті де норма добрив розраховувалась залежно від агрохімічного аналізу ґрунту для доведення його до оптимальних показників вміст гумусу знизився на 0,03%.

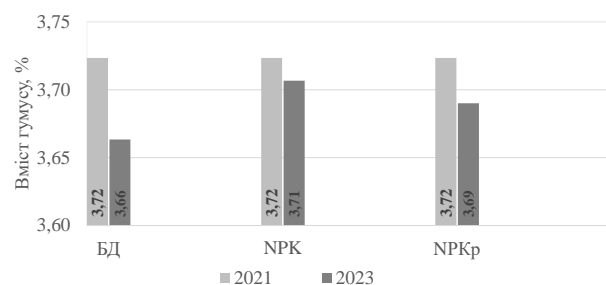


Рис. 1. Зміна вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–60 см у насадженні яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від удобрення (2021–2023 рр.), %: БД – без добрив, NPK – $N_{120}P_{90}K_{90}$, NPK_p – NPK_{розрахунковий}

За результатами досліджень встановлено, що застосування ґрунтового удобрення в насадженнях яблуні сприяло підвищенню в ґрунті вмісту нітратного азоту (рис. 2). За період проведення досліджень 2021–2023 рр. вміст нітратного азоту в ґрунті коливався від 18,8 до 22,2 мг/кг ґрунту в залежності від варіанту удобрення, але цей вміст був меншим від оптимального для яблуні в шарі 0–40 см для чорнозему опідзоленого – 25–31 мг/кг ґрунту [6]. Найбільша його кількість в середньому за три роки досліджень була у варіанті виробничого контролю де щорічно вносили в ґрунт 120 кг/га азоту та по 90 кг/га фосфору та калію і становила 21,2 мг/кг ґрунту. У контрольному варіанті, де добрива не вносили даний показник становив 19,7 мг/кг, що на 7% менше за виробничий контроль. Аналогічний показник у варіанті із розрахунковою нормою добрив – 20,7 мг/кг ґрунту.

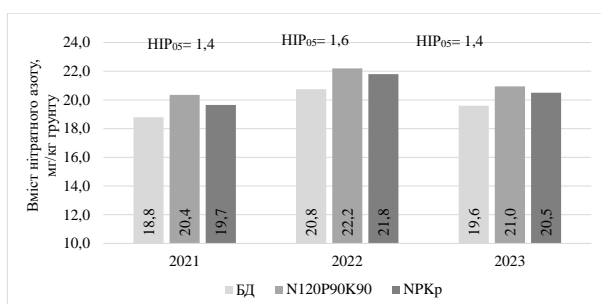


Рис. 2. Вміст нітратного азоту (за нітрифікаційною здатністю) в шарі ґрунту 0–40 см у насадженні яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від удобрення, мг/кг ґрунту: (БД – без добрив, NPK – $N_{120}P_{90}K_{90}$, NPK_p – $NPK_{\text{розрахунковий}}$)

Ґрунтове удобрення насадження яблуні мало значний вплив на вміст у ґрунті рухомих сполук фосфору, про що свідчать дані, наведені в рис. 3.

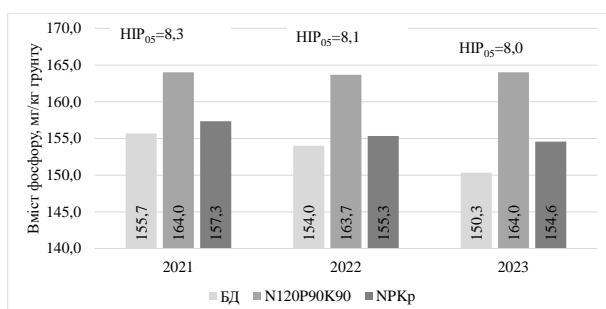


Рис. 3. Вміст рухомих сполук фосфору (за методом Егнера-Рима-Домінго) в шарі ґрунту 0–60 см, мг/кг ґрунту в насадженні яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення, мг/кг ґрунту: (БД – без добрив, NPK – $N_{120}P_{90}K_{90}$, NPK_p – $NPK_{\text{розрахунковий}}$)

Упродовж періоду проведення досліджень на всіх ділянках досліду вміст рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–60 см був високим та на 80–93% перевищував оптимальні для яблуні показники – 70–100 мг/кг ґрунту [6] і при цьому найвищим він був у варіанті виробничого контролю, де щороку вносилося $N_{120}P_{90}K_{90}$. У варіанті

з внесення розрахункової норми добрив істотно збільшення вмісту фосфору в ґрунті порівняно з контролем не відбулось.

Вміст обмінного калію серед досліджуваних варіантів за роки досліджень істотно різнився, так найбільшого значення вмісту K_2O в кореневмісному шарі ґрунту 0–60 см отримано в 2021 році у варіанті з розрахунковою нормою добрив – 223,7 мг/кг ґрунту (рис. 4).

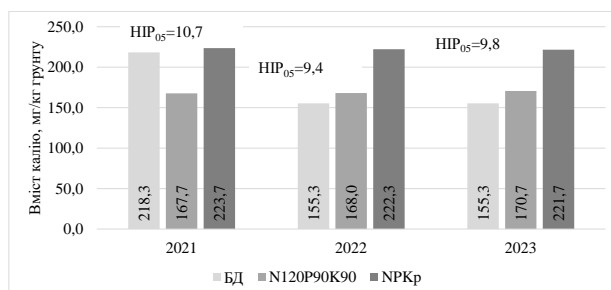


Рис. 4. Вміст рухомих сполук калію (за методом Егнера-Рима-Домінго) в шарі ґрунту 0–60 см, мг/кг ґрунту в насадженні яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення, мг/кг ґрунту: (БД – без добрив, NPK – $N_{120}P_{90}K_{90}$, NPK_p – $NPK_{\text{розрахунковий}}$)

У контрольному варіанті, де добрива в ґрунт не вносили вміст рухомих сполук калію впродовж років досліджень знизився на 63 мг/кг. На ділянках виробничого контролю (зі щорічним внесенням $N_{120}P_{90}K_{90}$) та варіанту з розрахунковою нормою добрив вміст K_2O залишився майже на одному рівні.

Створений ґрунтовим удобренням фон та додаткове внесення макро – та мікроелементів та біостимулятора – антистресанта впливали на показники врожайності дерев яблуні сорту Чемпіон Арно (табл. 1).

В середньому за період проведення досліджень 2021–2023 рр. урожайність насаджень яблуні сорту Чемпіон Арно в залежності від варіантів удобрення коливалась в межах 21,2–33,4 т/га. Найвищий показник урожайності був у варіанті з внесенням в ґрунт розрахункової норми NPK в поєднанні із позакореневим підживленням та внесенням Вуксал Біо Амінопланта навесні та восени, що на 24% перевищувало виробничий та на 37% абсолютний контроль.

Між урожайністю дослідних дерев яблуні та вмістом у ґрунті гумусу й нітратного азоту виявлено сильну пряму кореляційну залежність, відповідно $r=0,799$ та $r=0,818$. А з умістом рухомих сполук фосфору та обмінного калію в ґрунті величина урожайності корелювала середньо – на рівні $r=0,469$ і $r=0,603$.

Висновки. Внесенням розрахованих за результатами агрохімічного аналізу ґрунту норм добрив у саду створюються рівні вмісту в кореневмісному шарі доступних для рослин сполук і форм елементів живлення. Ці зміни в показниках родючості ґрунту чорнозему опідзоленого сприяють більш оптимізованому мінеральному живленню і, відповідно, підвищують продуктивність яблуневих дерев.

Урожайність насаджень яблуні залежно від ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення, т/га

ґрунтове	Удобрення		Рік дослідження			Середнє за три роки
	позакоренево		2021	2022	2023	
Без добрив (контроль)	Без підживлення	Вода (к)	22,0	16,4	25,2	21,2
		Вуксал Біо Аміноплант	22,3	17,4	26,1	21,9
	Навесні (азот + бор)	Вода (к)	23,1	18,9	26,3	22,8
		Вуксал Біо Аміноплант	23,8	19,2	27,1	23,4
	Восени (азот + бор)	Вода (к)	22,6	17,5	26,2	22,1
		Вуксал Біо Аміноплант	23,7	18,6	26,8	23,0
	Навесні + Восени (азот + бор)	Вода (к)	24,8	19,3	27,3	23,8
		Вуксал Біо Аміноплант	25,4	20,2	28,5	24,7
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ (виробничий контроль)	Без підживлення	Вода (к)	26,7	19,5	30,2	25,5
		Вуксал Біо Аміноплант	29,1	21,5	31,4	27,3
	Навесні (азот + бор)	Вода (к)	29,9	20,7	33,2	27,9
		Вуксал Біо Аміноплант	32,1	22,2	35,1	29,8
	Восени (азот + бор)	Вода (к)	31,1	20,3	33,0	28,1
		Вуксал Біо Аміноплант	33,3	21,3	34,5	29,7
	Навесні + Восени (азот + бор)	Вода (к)	33,8	21,1	34,1	29,7
		Вуксал Біо Аміноплант	35,6	23,1	39,5	32,7
NPK розрахунковий	Без підживлення	Вода (к)	29,3	20,4	31,3	27,0
		Вуксал Біо Аміноплант	30,4	21,5	32,8	28,2
	Навесні (азот + бор)	Вода (к)	33,1	21,2	34,9	29,7
		Вуксал Біо Аміноплант	35,6	23,7	37,1	32,1
	Восени (азот + бор)	Вода (к)	31,9	20,2	33,8	28,6
		Вуксал Біо Аміноплант	34,0	23,1	36,6	31,3
	Навесні + Восени (азот + бор)	Вода (к)	33,5	22,8	35,1	30,5
		Вуксал Біо Аміноплант	35,9	24,0	40,3	33,4
HIP ₀₅			3,4	2,4	3,9	-

Найвищу врожайність плодів яблуні сорту Чемпіон Арно (33,4 т/га) отримано за внесення розрахункової норми NPK з доведенням їх до оптимальних рівнів з додатковим підживленням навесні та восени азотом та бором та застосуванням Вуксал Біо Аміноплант, де врожайність плодів вища на 37% порівняно з неудобрюваними деревами та на 24% порівняно з виробничим контролем, де щорічно вносили N₁₂₀P₉₀K₉₀.

Література

- Куян В. Г. Проблема вирощування екологічно чистої продукції в інтенсивних садах яблуні. Вісник ДААУ № 1. 1998. С. 19–23.
- Zhao, J.; Dong, Y.; Xie, X.; Li, X.; Zhang, X.; Shen, X. Effect of Annual Variation in Soil PH on Available Soil Nutrients in Pear Orchards. Acta Ecol. Sin. 2011, 31, 212–216 s.
- Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив. К.: ЗАТ "НАЧЛАВА". 2002. 344 с.
- Манзій В.В. Продуктивність яблуні залежно від рівнів удобрення в Правобережному Лісостепу України: Автореф. дис...канд. с.-г. наук. Умань. 2000. 17 с.
- Яковенко Р. В., Копитко П. Г., Петришина І. П. Урожайність насаджень груші залежно від змін родючості ґрунту за оптимізованого удобрення. 36. наук. пр. Уманського НУС. 2018. № 92. Ч. 1. С. 247–256.
- Копитко П. Г. Удобрення плодкових і ягідних культур. Київ, 2001. 206 с.

7. Малюк Т. М. Вплив системи внесення добрив на азотний режим ґрунту і продуктивність насаджень груші. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2009. № 63. С. 116–122.

8. Мельник О. В. Інтенсивний сад. Закладання і догляд. Новини садівництва. 2017. № 3. С. 4–8 с.

9. Кондратенко П. В., Бублик М. О., Шестопаль О. М. та ін. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві. Київ. 2006. 140 с.

10. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодними культурами. Київ. 1996. 95 с.

11. Єщенко В. О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця. 2014. 332 с.

References

1. Kuian V. H. (1998). Problema vyroshchuvannia ekolohichno chystoi produktsii v intensyvnykh sadakh yabluni: visnyk DAAU № 1. [The issue of growing ecologically friendly output in the intensive apple orchards: bulletin of SAAU. № 1]. Zhytomyr [in Ukrainian].

2. Zhao, J.; Dong, Y.; Xie, X.; Li, X.; Zhang, X.; Shen, X. (2011). The Effect of Annual Variation in Soil PH on Available Soil Nutrients in Pear Orchards. ActaEcol. Sin., 212–216 s.

3. Hospodarenko H. M. (2002). Osnovy intehrovanoho zastosuvannia dobryv: navch. posib. [The principles of the integrated fertilizer application: a textbook]. Kyiv: "NACHLAVA. Ltd" [in Ukrainian].

4. Manziy V.V. (2000). Produktivnist yabluni zalezno vid rivniv udobrennia v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys...kand. s.-h. nauk. [The apple tree productivity depending on the fertilization levels in the Right bank Forest steppe zone of Ukraine: theses Candidate of sciences (Agr)]. Uman [in Ukrainian].

5. Yakovenko R. V., Kopytko P. H., Petryshyna I. P. (2018). Urozhainist nasadzhenia hrushi zalezno vid zmin rodiuchosti hruntu za optymizovanoho udobrennia: zb. nauk. pr. Umanskoho NUS № 92 P. 1. [The yield capacity of pear tree orchards depending on the changes of the soil fertility under optimized fertilization: proceedings of Uman NUH № 92 P. 1]. Uman [in Ukrainian].

6. Kopytko P. H. (2001). Udobrennia plodovykh i yahidnykh kultur: navch. posib. [Fertilization of fruit and berry crops: a textbook]. Kyiv [in Ukrainian].

7. Maliuk T. M. (2009). Vplyv systemy vnesennia dobryv na azotnyi rezhym gruntu i produktivnist nasadzhen hrushi: naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy № 63. [The effect of the fertilization system on the soil nitrogen regime and the productivity of

pear tree orchards: scientific bulletin of the National university of bio-resources and nature use of Ukraine № 63]. Kyiv [in Ukrainian].

8. Melnyk O. V. (2017). Intensyvnyi sad. Zakladannia i dohliad: naukovy-vyrobnychi zhurnal Novyny sadivnytstva № 3. [Intensive orchard. Planting and maintenance: scientific and industrial magazine News of horticulture № 3]. Uman [in Ukrainian].

9. Kondratenko P. V., Bublyk M. O., Shestopal O. M. (2006). Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv nasadzhen, sortiv, investytsii v osnovnyi kapital, innovatsii ta rezultativ tekhnolohichnykh doslidzhen u sadivnytstvi: navch. posib. [The methodology of the economic and energy estimation of the types of orchards, cultivars, the investments in fixed capital, the innovations and results of the technological research in horticulture: a textbook]. Kyiv [in Ukrainian].

10. Kondratenko P.V., Bublyk M.O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy: navch. posib. [The methodology of conducting field experiments with fruit crops: a textbook]. Kyiv [in Ukrainian].

11. Yeshchenko V. O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: navch. posib. [The principles of scientific research in agronomy: a textbook]. Vinnytsia [in Ukrainian].

**Т. В. Мамчур**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: mamchur-tv@ukr.net

В. П. Карпенко

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: unuh1844@gmail.com

**С. А. Оратівська**

викладач-стажист кафедри біології,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: svitlanaorativska@gmail.com

ГЕРБАРІЙ УМАНЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА (УМ): ІСТОРІЯ, СЬОГОДЕННЯ (ДО 180 РІЧЧЯ ЗАПОЧАТКУВАННЯ ГЕРБАРІЮ)

У статті розкрито історію заснування гербарію (УМ), сьогодення та його наукове значення. Фондове зібрання гербаризованих зразків є унікальним та представляє світове фіторізноманіття. Гербарій формувався цілеспрямовано: шляхом збору рослин під час здійснення наукових експедицій, обміну між гербарними установами, за рахунок дарунків любителів природознавства, студентами під час опанування навчальних курсів з ботаніки, дендрології, лісівництва й ін.

Гербарій Уманського національного університету садівництва (УМ) засновано 1844 р. в м. Одеса на базі Головного училища садівництва. Цьогоріч йому виповнюється 180 років. На той час під керівництвом першого директора училища Олександра Давидовича Нордмана були розпочаті планомірні збори інтродукованих рослин на базі ботанічного саду, дослідження околиць Бесарабії, Криму під час експедиційних виїздів, навчальних практик учнів. Історія у одеський період гербарію з 1849 р. пов'язана з викладачем ботаніки училища Христофором Ісідоровичем Гербановським; в уманський період з 1859 р. – з ботаніком і лісівником Миколою Івановичем Анненковим. Гербарій збагачується надходженнями природної флори Умані, дендрофлори, інтродуцентів відкритого і захищеного ґрунту теплично-оранжерейного комплексу Уманського училища землеробства і садівництва. Виокремлено іменні колекції учнів училища, як Йозефа Конрадовича Пачоського – 410 гербарних зразків (г.з.); дендрологічний – Юліуса Робертовича Ланцького (1982 г.з.); Мечислава Блонського (понад 100 г.з.) й інших, які досліджували регіональну флору своєї місцевості та Уманщини.

Наукова частина гербарію представлена іменними тематичними колекціями викладачів ботаніки – І. І. Білоуса, О. С. Бондаря, В. С. Горячевої, В. А. Гаврилюка, Н. І. Кутової, Т. О. Кравець, О. В. Свистун, М. І. Парубок, Т. В. Мамчур. Колекції представлені гербарними зборами таксонів Криму, Карпат, Умані, та околиць, дендропарку «Софіївка», регіонів України, які зібрано під час ведення наукових досліджень, здійснених ботанічних експедицій.

Гербарій (УМ) належить до п'ятірки найстаріших гербаріїв України (LW, 1783, CWU, 1825, LWS, 1832, CHER, 1963) (Гербарій України, 2011). Його фонди становлять 27 712 г.з. судинних рослин, які розподілено на історичну, наукову та навчальну частини. Серед них відмічено мікологічні, ліхенологічні, бріологічні, альгологічні, карпологічні колек-

ції. У період 2013–2015 рр. проведено інвентаризацію колекцій куратором доцентом Т. О. Кравець, правонаступником доцентом – Т. В. Мамчур і С. А. Оратівською. У 2016 році гербарій було зареєстровано в Index Herbariorum (New York) із присвоєнням ідентифікатора (акронім) – UM.

13 лютого 2024 р. гербарій (UM) долучився до світової мережі та інфраструктури даних GBIF – the Global Biodiversity Information Facility (Глобальний інформаційний фонд з біорізноманіття), який бере участь у формуванні баз даних історичних колекцій доступних для опрацювання як української, так і міжнародної наукової спільноти.

Наукове значення гербарію (UM) є унікальним, а фондів зібрання фіторізноманіття упродовж 180-річчя свого існування зафіксували історію та етапи досліджень рослин, зокрема й інтродукційної роботи в Одесі, Умані. Фонди (UM) є значно цінними в історичному аспекті, нині з них створені наукові і навчальні колекції, що є основою для пошуку природної й культурної флори України.

Подальша робота з гербарієм полягає в оприлюдненні гербарію (UM) у виданні Index Herbariorum Ucrainicum, оскільки на час його видання, в 2011 році він був маловідомим.

Ключові слова: навчальний заклад, історія, гербарій, колекції, гербарний зразок.

T. V. Mamchur

PhD in Agriculture,
Associate Professor at the Department of Biology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: mamchur-tv@ukr.net

V. P. Karpenko

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Biology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: unuh1844@gmail.com

C. A. Orativska

Trainee teacher at the Department of Biology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: svitlanaorativska@gmail.com

HERBARIUM OF UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY OF HORTICULTURE (UM): HISTORY, PRESENT (TO THE 180TH ANNIVERSARY OF THE HERBARIUM)

The article reveals the history of the Herbarium (UM), its present and scientific significance. The stock collection of herbarized specimens is unique and represents the world's phytodiversity. The herbarium was formed purposefully: by collecting plants during scientific expeditions, exchanges between herbarium institutions, donations from natural history enthusiasts, students taking courses in botany, dendrology, forestry, etc.

The Herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM) was founded in 1844 in Odesa on the basis of the Main School of Horticulture. This year it celebrates its 180th anniversary. At that time, under the leadership of the first director of the school, Oleksandr Davidovych Nordman, systematic collections of introduced plants were started on the basis of the botanical garden, research of the outskirts of Bessarabia and Crimea during expeditionary trips, and educational practices of students. The history of the herbarium in Odesa since 1849 is connected with the teacher of botany of the school Christopher Isidorovich Herbanovsky; in Uman since 1859 – with the botanist and forester Mykola Ivanovych Annenkov. The herbarium is enriched by the natural flora of Uman, dendroflora, and introductions of open and protected ground of the greenhouse complex of the Uman School of Agriculture and Horticulture.

There are personal collections of the school's students, such as Josef Konradovych Pachosky (410 herbarium specimens); dendrological collection of Julius Robertovych Lantsky (1982); Mieczyslaw Blonsky (over 100 specimens) and others who studied the regional flora of their area and Uman region.

The scientific part of the herbarium is represented by personalized thematic collections of botany teachers – I. Bilous, O. Bondar, V. Horyacheva, V. Havryliuk, N. Kutova, T. Kravets, O. Svystun, M. Parubok, T. Mamchur. The collections are represented by herbarium collections of taxa of Crimea, Carpathians, Uman and its environs, Sofiyivka arboretum, and regions of Ukraine, which were collected during scientific research and botanical expeditions.

The Herbarium (UM) is one of the five oldest herbaria in Ukraine (LW, 1783, CWU, 1825, LWS, 1832, CHEM, 1963) (Herbariums of Ukraine, 2011). Its collections include 27 712 vascular plants, which are divided into historical, scientific and educational parts. Among them are mycological, lichenological, bryological, algological, and carpological collections. In 2013–2015, the collections were inventoried by the curator, associate professor T. O. Kravets, and the successor associate professor T. V. Mamchur and S. Orativska. In 2016, the herbarium was registered in Index Herbariorum (New York) with the identifier (acronym) UM.

On February 13, 2024, the herbarium (UM) joined the global network and data infrastructure GBIF – the Global Biodiversity Information Facility, which participates in the formation of databases of historical collections available for processing by both the Ukrainian and international scientific community.

The scientific significance of the herbarium is unique, and the stock collections of phytodiversity over the 180 years of its existence have recorded the history and stages of plant research, including introduction work in Odesa and Uman. The UM collections are of considerable historical value, and they are now used to create scientific and educational collections that serve as the basis for researching the natural and cultural flora of Ukraine.

Further work with the herbarium consists in publishing the herbarium (UM) in the Index Herbariorum Ucrainicum, as it was little known at the time of its publication in 2011.

Key words: educational institution, history, herbarium, collections, herbarium specimen.

Постановка проблеми. Висвітлити історію заснування гербарію Уманського національного університету садівництва (UM), його сьогодення та майбутнє наукове значення у порівнянні з історичним аспектом дослідження фіторізноманіття та сучасності, з погляду цінності його як

наукового надбання для університету, навчального процесу у підготовці фахових студентів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Гербарій (UM) у цьому році відзначає 180-ти річний ювілей свого заснування. Фонди були сформовані цілеспрямовано, під час

вивчення фіторізноманіття ще в Головному училищі садівництва, на базі ботанічного саду в 1844 р., м. Одеса. Перший директор училища, природодослідник О. Д. Нордман, здійснював особисті експедиційні виїзди та заснував практичну базу для учнів училища в Нікітському ботанічному саду, Крим; досліджував з ними флору Бессарабії й започаткував гербарні збори досліджених рослин у навчальному закладі [5, 10].

За даними С. С. Аргатюк, І. В. Сапожникова [1] відмічено, що з 1849 р. відомого одеського натураліста, ботаніка Христофора Ісидоровича Гербановського запросив до училища садівництва директор Нордман викладати ботаніку та вести наукові дослідження в ботанічному саду. Він був вчителем природничої історії та сільського господарства з 1846 р. і одночасно з 1848 р. обіймав посаду помічника інспектора Херсонської семінарії до 1850 р. Вирізнявся розумом і скромністю. Був членом Ризького товариства дослідників природи, товариства сільського господарства Півдня Одеси, кореспондентом Вільного економічного товариства [11].

У фондах історичної частини гербарію (UM) є збори культивованих у відкритому ґрунті квіткових рослин ботанічного саду, про що свідчать рукописні етикетки з відміткою «м. Одеса, 1849», зокрема з родини *Asteraceae* Bercht. & J. Presl: *Callistephus chinensis* (L.) Nees, *Centaurea orientalis* L., *Solidago rugosa* var. *aspera* (Aiton) Fernald, *Symphotrichum grandiflorum* (L.) G. L. Nesom, *S. novae-angliae* (L.) G. L. Nesom. Ймовірно, вони формувалися вчителем Х. І. Гербановським разом із учнями під час занять з ботаніки. У 1849 р. Х. І. Гербановський оприлюднив свої дослідження про *Nicotiana glauca* Graham, *Senecio hederiformis* Cron, *Mesembryanthemum cordifolium* L.f. в журналі «Записки спілки сільського господарства півдня»; дослідження рослин південних берегів Криму; найбільш вагоме перше видання гербарію ексикат «Flora Odessana exiccata» у співавторстві з натуралістом-аматором А. Жеребко [21].

На жаль, за короткий час життя Х. І. Гербановського (1821–1850) світ міг побачити й інші видання гербарних зборів ексикат, але А. Жеребко не зміг видати їх без першого співавторства. У своїх дослідженнях Н. М. Шиян [17] повідомляє, що пошук цих ексикат у фондах гербарію (MSUD) не мав успіху, оскільки, ймовірно, вони були втрачені під час евакуації університету ще в 1941 році. У гербарії (UM) зразків авторства Х. І. Гербановського не відмічено, очевидно, його рукописні етикетки були оформлені ним як викладачем, під час формування колекційних зборів учнями. Ідентифікація рукописних етикеток науковця потребує вагомих підтверджень.

Гербарні фонди мають неабияку історичну цінність для університету, налічують 27 712 г.з. та щороку поповнюються новими надходженнями. Фонди розподілено на історичну, наукову та навчальну частини. Історичні фонди гербарію формувалися в уманський період з 1859 р. на базі парку «Софіївка» за керівництва директора училища, ботаніка і лісівника М. І. Анненкова.

Гербарій, за даними музею історії університету та ювілейних видань [2, 5], має назву «Основний гербарій Уманського училища землеробства і садівництва», про що засвідчують і колекційні папки у яких зберігалися гербарні аркуші рослин. Фонди гербарію поповнюються зборами фіторізноманіття околиць Умані, дендрофлорою, декоративними інтродуцентами відкритого і захищеного ґрунту теплично-оранжерейного комплексу [2, 5].

Опрацьована іменна колекція учня училища Йозефа Пачоського містить 21 г.з. рослин відділу голонасінні; 86 г.з. – інтродуценти теплично-оранжерейного комплексу училища (*Ex calolaris Umaniense*); 27 г.з. із розсаднику квітково-декоративних рослин училища (*Ex horto botanico Umaniense*) та 12 г.з. (*Ex horto botanico Petropolitano*); 264 г.з. – природна флора околиць м. Умані (*Ex herbarium Florae Umaniensis*). Колекція з 410 г.з. зібрана впродовж 1880–1887 рр. тоді ще юним природодослідником Уманського училища. У своїй першій праці «Нариси околиць міста Умані, 1887» він повідомив, що частину своїх гербарних зборів передав до Київського університету св. Володимира (нині КНУ імені Тараса Шевченка), які увійшли до іменної колекції його вчителя І. Ф. Шмальгаузена (KW) [14].

Серед дендрологічних зборів понад 1982 г.з. відмічено й колекцію учня училища, згодом викладача ботаніки, головного садівничого парку «Софіївка» Юліуса Ланцького; численні збори учня Мечислава Блонського (випуск 1900 н.р.), Овчиннікова та інших, які потребують в майбутньому ретельного дослідження.

Фонди гербарію формувалися упродовж 180 років існування навчального закладу як учнями училища, так і згодом студентами з допомогою викладачів-ботаніків: В. Я. Скорбишевським, В. М. Львовом, В. В. Пашкевичем, Ю. Р. Ланцьким, В. О. Поггенполем, В. П. Муравйовим, Т. Г. Гончаруком-Бідою, В. О. Цешковським, М. І. Лопатіним, І. І. Білуосом, І. Й. Онищенко, В. С. Горячевою, С. К. Руденко, В. Ф. Ніколаєвим, Т. Б. Вакар, І. П. Коломійцем, В. А. Гаврилюком, Н. І. Кутовою, О. М. Данилевською, С. П. Романцак, Н. Г. Гордєєвою, Т. О. Кравець, З. В. Геркіял, О. В. Свистун, М. І. Парубок, Т. В. Мамчур [10]. У другу війну під час окупації міста Умані, завдяки асистенту В. С. Горячевій і працівникам бібліотеки, гербарій було збережено хоча частина його втрачена та вивезена окупантами. У сучасних реаліях, з початком повномасштабного вторгнення росії до України в лютому 2021 року за наказом ректора О. О. Непочатенко гербарій (UM) спаковано та забезпечено.

Метою статті – опрацювати виявлені у фондах колекції історичної, наукової та навчальної частини, встановити їх наукове значення, як цінного надбання для університету за 180-ліття його формування.

Об'єкт дослідження – колекції фондів гербарію (UM) історичної, наукової та навчальної частин.

Методика дослідження. Опрацювання гербарної колекції проводилося на базі Уманського

національного університету садівництва, шляхом аналізу гербарних зразків та гербарних етикеток. У 2013–2015 рр. була проведена часткова каталогізація фондів гербарію (UM), створена первинна електронна база даних, яка включає прізвиська колекторів, роки збору рослин та назви таксонів за гербарними етикетками. У складі історичної частини колекції, яка свого часу мала назву «Основний гербарій Уманського училища землеробства і садівництва (УУЗіС)», виділено ексикати світового фіторізноманіття (1948 г.з., 1897–1907 рр.); гербарій дарунків природодослідників (колектор М. О. Нікітін, 472 г.з.) та гербарій учнів і викладачів УУРІС (2479 г.з.); наукова частина іменних колекцій викладачів ботаніки – І. І. Білоуса (131 г.з.), О. С. Бондаря (142), В. С. Горячевої (63), В. А. Гаврилюка (158), Н. І. Кутової (168), Т. О. Кравець (понад 3000 г.з.), О. В. Свистун (140), М. І. Парубок, Т. В. Мамчур, понад 500 г.з., які на стадії внесення в базу даних [10]. Здійснено таксономічну обробку колекцій, а нові надходження проходять інсерування, формуються нові колекції цінних та корисних рослин. Наразі гербарні зразки колекції розміщено за алфавітним порядком таксонів. Інформацію про колектора шукали за архівними даними музею історії університету, музейної кімнати стародруків бібліотеки університету та іншими доступними літературними джерелами; перевірка ідентифікації належності окремих видів таксонів проведено за світовими базами даних сайтів – Global Biodiversity Information Facility (GBIF) [25]; Plants of the World Online (POWO) [24], оскільки набули нині синонімічних назв.

Основні результати дослідження. Опрацьовані іменні колекції поклали початок серійним монографічним виданням: «Вчені-ботаніки..., 2017» [10], життєвий і науковий шлях В. А. Гаврилюка «У пошуках щастя..., 2018» [13]; Йозефа Пачоського «Родинне коло..., 2021» [15]; Фонди гербарію..., 2023» [14], готуються до друку й інші іменні тематичні збори викладачів ботаніки. Відмітимо, що іменні гербарії природодослідника Й. К. Пачоського зберігаються у гербарних установах України – Інституту ботаніки імені М. М. Холодного НАНУ, м. Київ (KW), зокрема більша частина його ранніх уманських зборів, й інших установах Києва (KWU, KWHU), Херсону (KHEM), Одеси (MSUD), Львова (LW, LWS), Миколаєва (MKM), Сімферополя (SIMF) зазначених у виданні Index Herbariorum Ukraine [4]. Проведена робота дозволяє доповнити і гербарієм (UM) [14].

Нещодавні першочергові дослідження про учня училища, поляка за національністю – Мечислава Блонського були здійснені за серійними виданнями польської газети «Wszecchiata» (Blonski, 1893, 1894, 1895) [18–20]. Етикетки інформують збори в Україні, у парку «Софіївка». Свої збори він надіслав брату лікарю, ботаніку Францішеку Блонському до Польщі у Варшавський університет, де той навчався. Успішно визначені рослини увійшли до складу ексикат «Flora polonica exsiccata» та збережені нині у фондах

гербарію Варшавського університету (WA). Під час листування куратор гербарію (WA) – Maja Graniszewska (Zielnik Wydziału Biologii Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytet Warszawski) [26] надіслала оцифровані сім його г.з. – *Bupleurum falcatum*, *Linaria ruthenica*, *Muscari tenuiflorum*, *Ranunculus auricomus*, *Scilla bifolia*, *Stachys germanica*, *Taraxacum serotinum*. Нами перевірено та підтверджено наявність таксонів г.з. і в гербарії (UM). Також, відмічено г.з. *Bupleurum falcatum* і в гербарії (LWS) – Державному природознавчому музеї НАН України, м. Львів. Інформацію люб'язно надав куратор установи Андрій Новіков, який спрямував опрацювати віртуальний гербарій (Herbarium of vascular plants of the State Museum of Natural History of the NAS of Ukraine (SMNH-NASU-LWS) за посиланням <https://openherbarium.org/taxa/index.php?tid=239346>) [22]. Назви подано за оригіналом етикетки. Отже, наявність г.з. в інших установах вважаємо сформованими дублетами.

Maja Graniszewska поділилася і науковим пошуком г.з. *Linaria ruthenica* куратора гербарію (BRNU) Jiří Danihelka (Department of Botany and Zoology Masaryk University, Czech Republic) [23], який звертався до неї в 2022 р. За його кореспонденції виявлено, що г.з. М. Блонського за даними світової бази даних (GBIF, 2024), <https://www.gbif.org/uk/what-is-gbif> [25] увійшли до багатьох гербаріїв Європи та потребують досліджень. Jiří Danihelka вважає, що г.з. в гербарії (UM), ймовірно, типові, які потребують ретельного дослідження та фаховості спеціаліста гербарної справи. На жаль, колеги куратори не повідомили про подальший життєвий шлях Мечислава Блонського після закінчення Уманського училища.

Слід зазначити, наявність у фондах 23 г.з. відомого українського ботаніка М. С. Турчанинова, які представлені родиною Rubiaceae, збори 1860 р., з відміткою на рукописній етикетці «від г. Турчанинова», ймовірно, дарунки дублетних таксонів. Його гербарні колекції присутні у гербарії Києва (KW), Харкова (CWU) [4]; 29 г.з. ексикат українського ботаніка В. М. Черняєва (Hb. Medic. Hipp. V. M. Czerniaev, 1860–1864 рр.), які є у гербарії (KW, CWU); 181 г.з. ексикат водоростей, грибів, лишайників, мохів німецького ботаніка, міколога, бріолога і фармацевта Л. Г. Рабенгорста (нім. Gottlob Ludwig Rabenhorst), які відмічені у гербарії Харкова (CWU, CWU-MYC), Львова (LW); 1948 г.з. ексикат «Flora Rossica» колекторами яких були українські ботаніки та учні училища, їх було розіслано в навчальні установи, але переважна частина повернулася до фонду гербарію училища. Також серед зборів відмічено типові, автентичні г.з., що несуть неабияку наукову цінність [10, 12, 17].

Опрацьована в історичній частині колекція інтродуцентів закритого ґрунту (167 г.з.), була сформована учнями училища під час опанування декоративного садівництва з вивчення вирощування і розмноження рослин в умовах теплопідприємного комплексу, з відміткою «оранжерея». На гербарних етикетках зазначено збори

Умані, «парк Софіївка»; Криму, Нікітський ботанічний сад під час навчальної практики про що інформують архівні матеріали, літописи навчального закладу [2, 5].

У виокремленій колекції екзотичних рослин закритого ґрунту представлено й збори учнів училища (Овчинников (1860), Мечислав Блонський, Павло Лучинський, Запартович (1895–1896)). Також досліджено однотипне оформлення гербарних аркушів й невідомим колектором, які датовано 1912–1916 рр., а визначення таксонів, ймовірно, було здійснено під керівництвом викладача, завідувача теплично-оранжерейного комплексу О. Л. Казарінова. Попередньо дану колекцію було опрацьовано завідувачем кафедри ботаніки, доцентом В. А. Гаврилюком з відміткою «*Notae criticae*» [9, 10].

В іменній колекції Йозефа Пачоського налічується 86 г.з. інтродуцентів закритого ґрунту (*Ex calolaris Umaniense*), збори 1885–1886 рр. На етикетках колектором описано таксони із вказівкою на їх географічне походження, місце зростання: Австралія, Азія, Африка, Бразилія, Мексика, Східна Індія, Північна і Південна Америка, Чілі, Мис Доброї Надії, Нові Гебридські острови. У 2023 р. за результатами аналізу гербарних зборів даного колектора було оприлюднено колекцію у монографії «Фонди гербарію...» доцентами Г. Черною та Т. Мамчур [14].

Було опрацьовано колекції екзотичних інтродуцентів кімнатних рослин, а також відкритого ґрунту дерев і кущів та відтворено історію інтродукції рослин на кінець IX ст. Найбільшу кількість відмічено з восьми видів з роду *Begonia* L. та *Ficus* Tournef. ex L.; поодинокі види *Brunfelsia uniflora* (Pohl) D. Don, *Citrus medica* L., *Impatiens walleriana* Hook. f., *Lantana nivea* Vent., *Nepenthes* sp., *Stromanthe eximia* Eichle; із ліан – *Aristolochia fimbriata* Cham., *A. sempervirens* L., *Ficus pumila*, *Hedera colchica*, *Hoya carnosa*; екзоти дерев і кущів для вирощування у відкритому ґрунті – *Berberis aquifolium* Pursh., *B. darvunii* Hook., *B. fortunei* Lindl., *Eucalyptus globulus* Labill., *Jasminum nudiflorum* Lindl., *Kerria japonica* L., *Tecoma capensis* (Thunb.) Spach. інші [9].

Заслугує уваги і гербарна колекція декоративних трав'яних рослин відкритого ґрунту (106 г.з.), яка представлена 34 родинами судинних рослин, збори 1912–1916 рр., зібрані учнями та викладачами навчального закладу, під керівництвом викладача декоративного квітництва С. Л. Бонецького: в тому числі колекція дендрофлори (понад 200 г.з.) [3].

За гербарними зразками вдалося відтворити історичну колекцію інтродукованих рослин на базі училища з вирощування таксонів екзотичних рослин як ботанічного розсадника, так і квітничково-декоративних рослин за серійними виданнями училища «Прейскуранту рослин і насіння парку..., 1885–1897»; списків «*Index seminum*» кафедри ботаніки та у 2023 році видати «Каталог рослин..., Біля витоків ботанічного розсадника...». Серед г.з. відмічено культивари з ознаками строкатості листків, махровості квітів, які несуть наукове

значення у підготовці фахівців спеціальності 091 Біологія та біохімія, 201 Лісове господарство, 206 Садово-паркове господарство і є наочним матеріалом для написання кваліфікаційних робіт. Нині колекція набула історичної цінності та виокремлена в навчальну історичну частину [3, 14].

Наукова частина гербарію представлена іменними тематичними колекціями викладачів ботаніки – І. І. Білоуса, О. С. Бондаря, В. С. Горячевої, В. А. Гаврилюка, Н. І. Кутової, Т. О. Кравець, вона опрацьована і готується до друку іменних меморіальних видань гербарію. Колекції містять матеріали таксонів Криму, Карпат, Умані та його околиць, дендропарку «Софіївка», регіонів України, які були зібрані під час експедиційних досліджень. Матеріали гербарного фонду використано для написання численних наукових публікацій та монографій [3, 10, 13–15].

Серед навчальних колекцій сформовано збори студентів під час дослідження флори міста Умані та його прилеглих околиць, регіональних за місцем їх проживання, як у історичних, так і в сучасних колекціях. Нові надходження студентських зборів щорічно проходять інсерування таксонів, і з огляду історичного формування виокремлено й кілька іменних колекцій – В. П. Опришко (130 г.з., 1963), О. І. Шиндера (183 г.з., 2003–2004), В. М. Феценка (50 г.з., 2007), А. В. Клібана (217 г.з., 2011), О. О. Куценка (73 г.з., 2011), Д. В. Савранської (50 г.з., 2019) й інших; дарунків із інших установ – Чернівецького державного університету, 24 г.з., Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, 766 г.з., Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України, 52 г.з. Історичний нарис фондів гербарію (УМ) примножувався, нині продовжує формування надходження нових колекцій.

Гербарні колекції використовуються у дослідженнях фіторізноманіття у порівнянні з їх історичним аспектом і сучасними науковцями. За гербарними зразками здійснюється аналіз наявності видового складу, наприклад, урбанofлори міста чи то району, дендропарку, вплив або значення інтродукційних осередків на формування урбанofлори, зокрема і в Умані та й історичному НДП «Софіївка» НАН України. Опрацьований гербарій (УМ) науковцями цитується у наукових виданнях, що підвищує його наукове значення та цінність надбання університету.

Віковий інтродукований осередок впровадження рослин ще й за часів училища і дотепер у наукових дослідженнях прослідковує наявність ергазіофітних і ергазіофігофітних рослин, які у свій час натуралізувалися і стали втікачами у природне середовище як за межі парку, так і в осередки студмістечка університету, міста в цілому (*Asclepias syriaca* L., *Mirabilis nyctaginea* (Michx.) MacMill., *Potentilla indica* (Andrews) Th. Wolf, *Solidago canadensis* L., *Thladiantha dubia* Bunge та багато інших) [3, 8]. Гербарні ж фонди стали засобом фіксування досліджень у природному середовищі та вирощених в умовах *ex situ*, якими виступають створені дендропарки,

ботанічні сади та розсадники. Тому, гербарій (UM) як і інші гербарні установи України стали важливими осередками в галузі інтродукції та акліматизації рослин, які у фондах зберігають таксони гербарних аркушів [16].

Проведені дослідження з інвентаризації гербарного фонду мало на меті створити первинну базу даних та оприлюднити цінні гербарні колекції для наукової спільноти зареєструвавши його в 2016 р. в Index Herbariorum (New York) з присвоєнням акроніму (UM). Продовження роботи є результатом того, що 13 лютого 2024 р. гербарій (UM) долучився до міжнародної мережі та інфраструктури даних GBIF – the Global Biodiversity Information Facility (Глобальний інформаційний фонд з біорізноманіття) URL: <https://www.gbif.org/uk/publisher/ec40089d-7d60-4f33-b721-4aa58f8861d1> [25] з метою формування баз даних історичних колекцій із використання та опрацювання фондів світовою науковою спільнотою.

Історичні фонди навчальної частини представлено роздатковим матеріалом гербарних зборів судинних рослин типографського зразка етикеток; гербарій нижчих рослин (водоростей, грибів, лишайників), вищих спорових рослин; карпологічна колекція плодів, лісових, культурних і інших рослин, які використовувалися під час освітнього процесу закладу під час вивчення дисципліни ботаніки, декоративне садівництво. Нині колекції набули історичного надбання та ретельно зберігаються. Фонди гербарію щорічно поповнюються г.з. завдяки студентам, природодослідникам, викладачам ботаніки для ведення нормативних і нових вибіркових дисциплін із інтродукції рослин, біологічного моніторингу, агрофітоценології, агробіоценології та аделопатії. Формуються колекції квіткових рослин відкритого і закритого ґрунту, лісових, декоративних деревних і кущових порід, рудеральної і синантропної рослинності, лікарських, інвазійних, ефіроолійних, овочевих, плодів, зернових і бобових інших корисних рослин. За останні роки польові збори здійснено студентами 091 Біологія, 201 Агрономія, 202 Захист і карантин рослин, 203 Садівництво і виноградарство, 205 Лісове господарство, 206 Садово-паркове господарство, аспірантами навчального закладу на базі НВВ університету та регіональності їх місця проживання.

Висновки. Отже, гербарій (UM) є унікальним фондним зібранням фіторізноманіття упродовж 180-річчя свого існування, в якому відображено етапи досліджень рослин, зокрема й інтродукційної роботи в Одесі, Умані. Цінність фондів гербарію (UM) має значення як в історичному аспекті, так і нині завдяки створенню наукових і навчальних колекцій, він є основою пошуку для пізнання природної й культурної флори України.

Подальше завдання гербарію (UM) оприлюднення у виданні Index Herbariorum Ucrainicum, оскільки на час його видання в 2011 році він був маловідомим.

Література

1. Аргатюк С. С., Сапожников І. В. Одеський натураліст Христофор Гербановський та чигирі

околиць Одеси. Південний захід. Одесика. *Історико-краєзнавчий науковий альманах*. Випуск. 28. Одеса: Друкарський дім. 2020. С. 221–239.

2. Архівні матеріали музею університету. Кафедра ботаніки. И2-44-458: Оранжерея Уманського національного університету садівництва. НВФ-839 (дата звернення 23 серпня 2024)

3. Біля витоків ботанічного розсадника Уманського національного університету садівництва: монографія / авт.-упоряд. Т. В. Мамчур, Г. А. Чорна, М. І. Парубок, О. В. Свистун, Н. В. Михайлова; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочинський М. М.», 2023. – 452 с.: іл.

4. Гербарій України. Index Herbariorum Ucrainicum [Редактор-укладач к. б. н. Н. М. Шиян]. Київ. 2011. 442 с.: іл. DOI:10.13140/RG.2.1.4742.6969

5. Історичне презентаційне видання «Уманський національний університет садівництва» [за ред. О. О. Непочатенко]. Логос. Київ. 2019. 280 с.

6. Каталог рослин ботанічного розсадника Уманського національного університету садівництва. Довідниковий посібник / авт.-упоряд. Т. В. Мамчур, Г. А. Чорна, М. І. Парубок, О. В. Свистун, Н. В. Михайлова; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. – Умань: Видавець «Сочинський М. М.», 2023. – 238 с.

7. Косенко І. С., Храбан Г. Ю., Мітін В. В., Гарбуз В. Ф. Дендрологічний парк «Софіївка». Київ: Наукова думка. 1996. 187 с.

8. Коструба Т. М., Чорна Г. А., Мамчур Т. В. *Thladiantha dubia* Bunge – інвазійно небезпечний вид в Україні. *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках*: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань: НДП «Софіївка» НАНУ, 28-30 вер. 2021 р.): Умань: Видавець «Сочинський М. М.», 2021. С. 118–123.

9. Мамчур Т.В. Колекція рослин закритого ґрунту у фондах гербарію (UM). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2024*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векірчика, 18-19 квітня 2024 р. Тернопіль: Вектор, 2024. С. 62–66.

10. Мамчур Т. В., Карпенко В. П., Парубок М. І., Свистун О. В. Вчені-ботаніки Уманського національного університету садівництва та їх наукові дослідження (1844-2016): монографія (присвячується 95-річчю створення кафедри ботаніки) [за ред. В. П. Карпенка]. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2017. 280 с., іл.

11. Михайлова Н. В. Христофор Ісидорович Гербановський: історія втрачених сторінок минулого. URL: <https://library.udau.edu.ua/fondi-takolekcii/virtualni-vistavki/hristofor-isidorovich-gerbanovskij-istoriya-vtrachenih-storinok-minulogo.html> (дата звернення 23 серпня 2024)

12. Тасенкевич Л. О., Мамчур З. І., Хміль Т. С., Жук О. О. Іменні колекції XIX-XX століть у гербарії Львівського національного університету імені Івана

Франка. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. Випуск 65. 2014. С. 112–120.

13. У пошуках щастя: життєвий шлях ботаніка В. А. Гаврилюка в щоденниках, листах, спогадах сучасників / Г. А. Чорна, Т. В. Мамчур, О. В. Свистун, І. Л. Дениско, М. І. Парубок Київ: ПАЛИВОДА А. В., 2018. 468 с., іл.

14. Фонди наукового гербарію Уманського національного університету садівництва (УМ). Гербарна колекція Йозефа Пачоського: монографія / авт.-упоряд. Т. В. Мамчур, Г. А. Чорна; за ред. д-ра с.-г. наук В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2023. 496 с.

15. Чорна Г. А. Мамчур Т. В. Родинне коло та юність Йозефа Пачоського: монографія. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2021. 206 с.

16. Шиндер О. І. Гербарій Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка (КВНА) і сучасні флористичні дослідження в Україні. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища: матеріали Міжнародної наукової конференції присвяченої 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України*. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. С. 401–404.

17. Шиян Н. М. Ексикати та їх місце в гербарному фонді. *Український ботанічний журнал*, т. 65. №3. 2008. С. 456–464.

18. Blonski F. Korespondencya Wszecchiata. Nowy gatunek Inianki. *Wszecchiat*. Warszawa, d. 2 czerwca 1895 r. №22. Tom XIV. 1895. S. 347–348 (Accessed 20 May 2024).

19. Blonski F. Korespondencya Wszecchiata. *Wszecchiat*. Warszawa, d. 28 października 1894 r. 43. Tom XIII. 1894. S. 683–684 (Accessed 20 May 2024).

20. Blonski F. Korespondencya Wszecchiata. Kilka uwag o jemiole na Ukrainie. *Wszecchiat*. Warszawa, d. 18 czerwca 1893 r. 25. Tom XII. 1893. S. 397–398. (Accessed 20 May 2024)

21. Herbanowski Ch., Scherebko A. Flora Odessana exiccata. Centuria I. Odessa. 1849. (Accessed 20 May 2024).

22. Herbarium of vascular plants of the State Museum of Natural History of the NAS of Ukraine (SMNH-NASU-LWS). URL: <https://openherbarium.org/taxa/index.php?tid=239346> (Accessed 20 May 2024).

23. Masaryk University. Jiří Danihelka – Curator of Herbarium BRNU. URL: <https://www.muni.cz/en/people/5926-jiri-danihelka/cv> (Accessed 20 May 2024)

24. Plants of the World Online. (POWO). URL: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed 20 August 2024).

25. The Global Biodiversity Information Facility (GBIF). URL: <https://www.gbif.org/uk/what-is-gbif> <https://www.gbif.org/uk/publisher/ec40089d-7d60-4f33-b721-4aa58f8861d1> (Accessed 20 August 2024).

26. University of Warsaw. Herbarium. URL: <https://www.biol.uw.edu.pl/en/science-and-didactics/facultys-independent-centres/herbarium/> (Accessed 20 May 2024).

References

1. Arhatiuk S. S., Sapozhnikov I. V. (2020). Odeskyi naturalist Khrystofor Herbanovskyyi ta chyhyri okolyts Odesy [Odesa naturalist Khrystofor Herbanovskyyi and the Chyhyri of Odesa's outskirts]. *Pivdennyi zakhid. Odesyka. Istoryko-kraieznavchyi naukovyi almanakh*. Vypusk. 28. Odesa: Drukarskyi dim. P. 221–239 [in Ukrainian].

2. Arkhivni materialy muzeiu universytetu (2024). Kafedra botaniky [Archival materials of the University Museum. Department of Botany]. Y2-44-458; Oranzheria Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Greenhouses of the Uman National University of Horticulture]. NVF-839 (data zvernennia 23 serpnia 2024) [in Ukrainian].

3. Bilia vytokiv botanichnoho rozsadnyka Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva: monohrafiia (2023) [At the Origins of the Botanical Nursery of the Uman National University of Horticulture: monograph] / avt.-uporiad. T. V. Mamchur, H. A. Chorna, M. I. Parubok, O. V. Svystun, N. V. Mykhailova; za red. d-ra s.-h. nauk V. P. Karpenka. – Uman: Vydavets «Sochynskyyi M. M.». – 452 s.: il. [in Ukrainian].

4. Herbarii Ukrainy. Index Herbariorum Ucrainicum (2011) [Herbaria of Ukraine. Index Herbariorum Ucrainicum] [Redaktor-ukladach k. b. n. N. M. Shyian]. Kyiv. 442 c.: il. DOI:10.13140/RG.2.1.4742.6969 [in Ukrainian].

5. Istorychne prezentatsiine vydannia «Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva» (2019) [Historical presentation publication “Uman National University of Horticulture”] [za red. O. O. Nepochatenko]. Lohos. Kyiv. 280 s. [in Ukrainian].

6. Kataloh roslyn botanichnoho rozsadnyka Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. Dovidnykovyi posibnyk (2023) [Catalog of plants of the botanical nursery of Uman National University of Horticulture. Reference manual] / avt.-uporiad. T. V. Mamchur, H. A. Chorna, M. I. Parubok, O. V. Svystun, N. V. Mykhailova; za red. d-ra s.-h. nauk V. P. Karpenka. – Uman: Vydavets «Sochynskyyi M. M.». – 238 s [in Ukrainian].

7. Kosenko I. S., Khraban H. Yu., Mitin V. V., Harbuz V. F. (1996). Dendrolohichni park «Sofiivka» [Sofiivka Dendrological Park]. Kyiv: Naukova dumka. 187 s. [in Ukrainian]

8. Kostruba T. M., Chorna H. A., Mamchur T. V. (2021). *Thladiantha dubia* Bunge – invaziino nebezpechnyi vyd v Ukraini [*Thladiantha dubia* Bunge – an invasive species in Ukraine]. *Okhorona bioriznomanittia ta istoryko– kulturnoi spadshchyny u botanichnykh sadakh ta dendroparkakh: materialy Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii, prysviachenoї 225-richchiu zasnuvannia Natsionalnoho dendrolohichnoho parku «Sofiivka» NAN Ukrainy (m. Uman: NDP «Sofiivka» NANU, 28-30 ver. 2021 r.): Uman: Vydavets «Sochynskyyi M. M.». P. 118–123 [in Ukrainian].*

9. Mamchur T. V. (2024). Kolektsiia roslyn zakrytoho gruntu u fondakh herbariiu (UM) [Collection of indoor plants in the Herbarium (UM)]. *Ternopilski biolohichni chytannia – Ternopil Bioscience – 2024: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoї 95-richchiu vid dnia narodzhennia vidomoho vchenoho fiziologa,*

mikrobioloha i populiaryzatora nauky, profesora Kuzmy Mykolaiovycha Vekirchyka, 18-19 kvitnia 2024 r. Ternopil: Vektor. P. 62–66 [in Ukrainian].

10. Mamchur T. V., Karpenko V. P., Parubok M. I., Svystun O. V. (2017). Vcheni-botaniky Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva ta yikh naukovi doslidzhennia (1844-2016): monohrafiia [Botanists of the Uman National University of Horticulture and their scientific research (1844-2016): monograph] (prysviachuetsia 95-richchiu stvorennia kafedry botaniky) [za red. V. P. Karpenka]. Uman: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Vizavi». 280 s., il. [in Ukrainian].

11. Mykhailova N. V. (2024). Khrystofor Isidorovych Herbanovskiy: istoriia vtrachenikh storinok mynuloho [Christopher Isidorevich Herbanowski: the story of lost pages of the past]. URL: <https://library.udau.edu.ua/fondi-ta-kolekciivirtualni-vistavki/hrystofor-isidorovich-gerbanovskij-istoriya-vtrachenih-storinok-minulogo.html> (data zvernennia 23 serpnia 2024) [in Ukrainian].

12. Tasienevych L. O., Mamchur Z. I., Khmil T. S., Zhuk O. O. (2014). Imenni kolektsii XIX-XX stolit u herbarii Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka [Personalized collections of the nineteenth and twentieth centuries in the herbarium of Ivan Franko National University of Lviv]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*. Issue 65. P. 112–120 [in Ukrainian].

13. U poshukakh shchastia: zhyttievyi shliakh botanika V. A. Havryliuka v shchodennykh, lystakh, spohadakh suchasnykh (2018) [In Search of Happiness: The Life of Botanist V. A. Havryliuk in Diaries, Letters, and Memoirs of Contemporaries] / H. A. Chorna, T. V. Mamchur, O. V. Svystun, I. L. Denysko, M. I. Parubok Kyiv: PALLYVODA A. V. 468 s., il. [in Ukrainian].

14. Fondy naukovooho herbariiu Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva (UM). Herbarna kolektsiia Yozefa Pachoskoho : monohrafiia (2023) [Collections of the scientific herbarium of the Uman National University of Horticulture (UM). Herbarium collection of Josef Pachosky: monograph] / avt.-uporiad. T. V. Mamchur, H. A. Chorna; za red. d-ra s.-h. nauk V. P. Karpenka. Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.». 496 s. [in Ukrainian].

15. Chorna H. A. Mamchur T. V. (2021). Rodynne kolo ta yunist Yozefa Pachoskoho: monohrafiia [The Family Circle and the Youth of Josef Pachoski: a monograph]. Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.». 206 s. [in Ukrainian].

16. Shynder O. I. (2020). Herbarii Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M. M. Hryshka (KWHA)

i suchasni florystychni doslidzhennia v Ukraini [The Herbarium of the M.M. Hryshko National Botanical Garden (KWHA) and Modern Floristic Research in Ukraine]. *Fundamentalni ta prykladni aspekty introduktsii roslyn v umovakh hlobalnykh zmin navkolyshnoho seredovyshcha: materialy Mizhnarodnoi naukovoii konferentsii prysviachenoii 85-richchiu vid dnia zasnuvannia Natsionalnoho botanichnoho sadu imeni M. M. Hryshka NAN Ukrainy*. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K. P. 401–404 [in Ukrainian].

17. Shyian N. M. (2008). Eksykaty ta yikh mistse v herbarnomu fondi [Excites and their place in the herbarium collection]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, Vol. 65. No. 3. P. 456–464 [in Ukrainian].

18. Blonski F. (1895). Korespondencya Wszzechswiata. Nowy gatunek Inianki. *Wszzechswiat*. Warszawa, d. 2 czerwca 1895 r. №22. Tom XIV. P. 347–348 (Accessed 20 May 2024) [in Polish].

19. Blonski F. (1894). Korespondencya Wszzechswiata. *Wszzechswiat*. Warszawa, d. 28 pazdziernika 1894 r. 43. Tom XIII. P. 683–684 (Accessed 20 May 2024).

20. Blonski F. (1893). Korespondencya Wszzechswiata. Kilka uwag o jemiele na Ukrainie. *Wszzechswiat*. Warszawa, d. 18 czerwca 1893 r. 25. Tom XII. P. 397–398. (Accessed 20 May 2024) [in Polish]

21. Herbanowski Ch., Scherebko A. (1849). *Flora Odessana exiccata*. Centuria I. Odessa. 1849. (Accessed 20 May 2024).

22. Herbarium of vascular plants of the State Museum of Natural History of the NAS of Ukraine (SMNH-NASU-LWS). (2024).

27. URL: <https://openherbarium.org/taxa/index.php?tid=239346> (Accessed 20 May 2024).

23. Masaryk University. Jiří Danihelka – Curator of Herbarium BRNU. (2024). URL: <https://www.muni.cz/en/people/5926-jiri-danihelka/cv> (Accessed 20 May 2024) [In Czech]

24. Plants of the World Online. (POWO). (2024). URL: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed 20 August 2024).

25. The Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2024). URL: <https://www.gbif.org/uk/what-is-gbif> <https://www.gbif.org/uk/publisher/ec40089d-7d60-4f33-b721-4aa58f8861d1> (Accessed 20 August 2024).

26. University of Warsaw. Herbarium. (2024). URL: <https://www.biol.uw.edu.pl/en/science-and-didactics/facultys-independent-centres/herbarium/> (Accessed 20 May 2024) [in Polish].

**О. П. Герасимчук**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net

К. В. Костецька

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com



ЯКІСТЬ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ БОРОШНА ПОЛБИ

Стаття присвячена дослідженням якості борошняних кондитерських виробів та розроблення їх рецептур виготовлених із заміною частини пшеничного борошна на полб'яне, яке має ряд важливих технологічних особливостей, що характеризують її як цінну сировину для харчової промисловості.

Обґрунтовано доцільність застосування у виробництві кондитерських виробів борошна із зерна полби, що відрізняється високим вмістом білка (на 5% більше, ніж у пшениці), харчових волокон (кількість перевищує у 2,5 рази), вітамінів (V_B , V_{B9} холін), мінеральних речовин та дасть можливість отримувати борошняні вироби з підвищеною харчовою цінністю. Досліджено можливість та доцільність використання полб'яного борошна у виробництві напівфабрикатів та виробів із тіста. Збільшення частки борошна полб'яного сприяло збільшенню пластичної деформації до 3,8525 мм (для зразка із заміною 50% борошна пшеничного на борошно полб'яне), полб'яне борошно має більший розмір частинок, нижчу сумарну площу поверхні та повільнішу поглинальну здатність води колоїдами, що є причиною більш виражених пластичних властивостей тіста. Встановлено, що заміна частини пшеничного борошна полб'яним в рецептурі здобного печива покращує структурно-механічні властивості тіста та виробів: пластичність збільшується на 11,5%, що підвищує здатність до набухання.

Розроблено та оптимізовано рецептуру здобного печива з суміші пшеничного та полб'яного борошна з заміною пшеничного борошна на полб'яне у кількості 20%. Органолептична оцінка розроблених модельних зразків здобного печива із застосуванням бальної шкали показала, що вироби мали правильну форму, без здуття, горіховий смак та шорстку поверхню, інтенсивність яких залежала від вмісту у виробах полб'яного борошна.

Встановлено, що збільшення дозування полб'яного борошна сприяло закономірному збільшенню масової частки загальної золи печива, що пов'язано з більшою кількістю зольних елементів у полб'яному борошні.

Дослідження впливу різного співвідношення пшеничного та полб'яного борошна в суміші на якість здобного печива дозволило зробити позитивний висновок про спільне застосування цих видів борошна у складі здобного печива.

Ключові слова: полб'яне борошно, властивості тіста, кондитерські вироби.

О. P. Herasymchuk

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net

K. V. Kostetska

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technology,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com

QUALITY OF FLOUR PRODUCTS BASED ON SPELL FLOUR

The article is devoted to the research of the quality of flour confectionery products and the development of their recipes made with the replacement of a part of wheat flour with whole wheat flour, which has a number of important technological features that characterize it as a valuable raw material for the food industry.

The expediency of using spelled flour in the production of confectionery products, which is characterized by a high content of protein (5% more than wheat), dietary fiber (2.5 times more), vitamins (B5, B9, choline), mineral substances and will make it possible to obtain flour products with increased nutritional value.

The possibility and expediency of using spelled flour in the production of semi-finished products and dough products was investigated. An increase in the proportion of spelled flour contributed to an increase in plastic deformation up to 3.8525 mm (for the sample with 50% replacement of wheat flour with spelled flour), spelled flour has a larger particle size, lower total surface area and slower colloidal water absorption capacity, which is the reason for more pronounced plastic properties of the dough. It was established that replacing part of wheat flour with spelled flour in the recipe of butter cookies improves the structural and mechanical properties of dough and products: plasticity increases by 11.5%, which increases the ability to swell. A recipe for butter cookies made from a mixture of wheat and spelled flour with 20% replacement of wheat flour with spelled flour was developed and optimized. Organoleptic evaluation of the developed model samples of butter cookies using a point scale showed that the products had the correct shape, no swelling, a nutty taste and a rough surface, the intensity of which depended on the content of spelled flour in the products.

It was established that increasing the dosage of spelled flour contributed to a natural increase in the mass fraction of total ash in cookies, which is associated with a greater amount of ash elements in spelled flour.

The study of the influence of different proportions of wheat and spelled flour in the mixture on the quality of butter cookies allowed us to draw a positive conclusion about the joint use of these types of flour in the composition of butter cookies.

Key words: spelled flour, dough characteristics, confectionery.

Постановка проблеми. Одним з основних напрямів державної політики у сфері забезпечення продовольчої безпеки України є здійснення заходів щодо підвищення економічної доступності харчової цінності продуктів для всіх груп населення. Слід зазначити збільшення попиту на кондитерські вироби, отже, є необхідність створення нових видів продукції із заданими властивостями, поліпшеним хімічним складом і зниженою енергетичною цінністю.

Є позитивні результати застосування борошна кукурудзи, сої, проса, тритикале та інших культур як добавки до пшеничного борошна або основної сировини для кондитерських виробів, при приготуванні яких потрібне борошно з низьким вмістом слабкої клейковини. Однак виробництво цих зернових та продуктів їх переробки значно поступаються обсягу виробництва борошна з пшениці та жита.

Розглянуто непоширений нині вид пшениці – полба, що має низку важливих біологічних особливостей, що характеризують її як цінну сільськогосподарську культуру. Насамперед, невимогливість до кліматичних та ґрунтових умов, посухостійкість, скоростиглість, несприйнятливості до низки хвороб та шкідників, висока врожайність. Продукти переробки полби, у тому числі полб'яне борошно, містять у своєму складі значно більше білків, незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, харчових волокон у порівнянні з продуктами переробки зерна м'яких сортів пшениць аналогічних товарних сортів.

У зв'язку з цим обґрунтування технологічної придатності полб'яного борошна у виробництві певних видів напівфабрикатів для борошняних кондитерських виробів, розширення їх асортименту та підвищення харчової цінності є важливим та актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Харчування є найважливішим фактором навколишнього середовища, який впливає на людину з народження до останнього дня життя. Інгредієнти харчових речовин, надходячи в організм з їжею та перетворюючись у ході складних біохімічних перетворень на структурні елементи клітин, забезпечуючи їх пластичним матеріалом та

енергією, створюють необхідну працездатність, активність, визначають здоров'я та здатність до відтворення [1, 2].

Результати регулярних масових обстежень, що проводяться науково-дослідними інститутами харчування та іншими медичними організаціями, підтверджують недостатнє споживання вітамінів, мінеральних речовин та мікроелементів у більшості дитячого та дорослого населення України [2, 3]. Як показує великий світовий та вітчизняний досвід, особливо ефективним та економічно вигідним шляхом забезпеченості населення мікронутрієнтами у загальнодержавному масштабі є додаткове збагачення ними продуктів харчування масового споживання до рівня, що відповідає фізіологічним потребам людини. У більшості країн світу з цією метою збагачують вітамінами, макро- та мікроелементами борошно, макаронні та хлібобулочні вироби, безалкогольні напої, молоко та кисломолочні продукти, маргарини, олії.

Кондитерські вироби є великою групою висококалорійних харчових продуктів, які користуються в Україні все більшим попитом. Основний недолік кондитерських виробів у тому, що фізіологічна цінність цих продуктів невелика. Вони служать в основному джерелом вуглеводів і жирів, що засвоюються, вміст мікронутрієнтів і харчових волокон незначний [4–7].

Кондитерські вироби все частіше використовують у асортиментному переліку шкільних сніданків; збільшується попит і на кондитерські вироби дієтичного призначення. Ось чому в даний час ці вироби розглядаються як зручні об'єкти для збагачення мікронутрієнтами. Збагачення борошняних кондитерських виробів можна досягти двома шляхами: внесенням преміксів-збагачувачів (в борошно або напівфабрикати) та використанням іншої сировини, більш збалансованої за своїм складом. Перевагою другого способу є те, що нутрієнти, що вносяться, знаходяться в природному, збалансованому стані. Нові види збагачених кондитерських виробів запроваджено на низці вітчизняних підприємств кондитерської промисловості.

Попит на кондитерські вироби дієтичного та профілактичного призначення постійно

збільшується, отже, існує необхідність створення нових видів продукції із заданими властивостями, покращенням хімічним складом, зниженою енергетичною цінністю. Технологічні особливості виробництва борошняних кондитерських виробів задають фізичні властивості добавок, що вносяться, і їх кількість. Найбільш можлива, з цього погляду, заміна пшеничного борошна іншим видом борошна. Важливою умовою є і хімічний склад добавки, що вноситься [1, 8–11].

Якість і харчова цінність борошняних кондитерських виробів значною мірою залежать від властивостей і складу переважаючої за кількістю сировини, якою є борошно хлібопекарське пшеничне, цукор-пісок і жири.

Часткова заміна пшеничного борошна такими нетрадиційними видами, як горохова, кукурудзяна, гречана, вівсяна полб'яна мука, що мають більш різноманітний і цінний склад харчових речовин, дозволить підвищити харчову цінність борошняних кондитерських виробів та розширити їх асортименту [6, 9, 12–15].

Підбір спеціального борошна – одна з технологічних можливостей для збереження споживчих властивостей борошняних кондитерських виробів при створенні продукту функціонального призначення з одночасним зниженням калорійності [2, 16–18].

Ринок борошняних кондитерських виробів має високий рівень конкуренції серед виробників. Нині виробникам доводиться дедалі більше уваги приділяти якості продукції, розширенню асортименту, і навіть маркетингового просування товару [19]. Ще однією тенденцією є прагнення населення здорового способу життя. Виробники борошняних кондитерських виробів почали звертати увагу на виготовлення продукції з використанням різних харчових інгредієнтів, що сприяють поліпшенню здоров'я. Як такий інноваційний інгредієнт для виробництва печива може служити зерно полби, продукти її переробки, які нині ще не знайшли застосування у виробництві борошняних кондитерських виробів. Хоча відомо, що ці продукти широко використовували в харчуванні наші предки у вигляді каш, а також як добавки при приготуванні інших страв (супів, запіканок та ін.) [7, 15, 20–22]. Продукти переробки полби, у тому числі полб'яне борошно, містять у своєму складі значно більше білків, незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, харчових волокон у порівнянні з продуктами переробки зерна м'яких сортів пшениць.

Мета дослідження – розроблення рецептур та оцінка якості борошняних кондитерських виробів із заміною частини пшеничного борошна на полб'яне.

Методика досліджень. Дослідження по розробленню рецептур, технологій та оцінці якості борошняних кондитерських виробів із заміною частини пшеничного борошна на полб'яне проводились в умовах науково-дослідної лабораторії кафедри харчових технологій Уманського НУС.

Об'єктами дослідження були: борошно пшеничне хлібопекарське вищого сорту (ГСТУ

46.004-99 Борошно пшеничне. Технічні умови), полб'яне борошно, виробник ТОВ «Органік-Еко-Продукт», м. Київ, вироблена за ТУ У 15.6-21106-52116000-2010; дослідні зразки борошняних кондитерських виробів із заміною частини пшеничного борошна на полб'яне у співвідношенні: 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; 50:50.

Для дослідження впливу полб'яного борошна на якість напівфабрикатів (тісто) і готової продукції, готували тісто при співвідношенні компонентів відповідно до рецептури з внесенням різних дозувань полб'яного борошна замість борошна пшеничного вищого сорту. Як контрольний варіант готували зразок печива з борошна пшеничного вищого сорту без заміни його полб'яним борошном. Полб'яне борошно вносили в тісто замість борошна пшеничного вищого сорту в дозуваннях 10, 20, 30, 40, 50%. У тістомісильну машину завантажували всі види сировини (масло злегка розм'якшене, цукровий пісок, меланж, вуглекислий амоній) за винятком борошна. Інгредієнти перемішували до утворення однорідної маси (18–20 хв.), потім вводили пшеничне борошно, змішане з содою і замішували тісто 2–3 хв. для обмеження набухання білків клейковини. При замішуванні температура тіста має бути близько 17 °С; якщо температура вища, масло розм'якшується, пластичність тіста погіршується і утруднюється формування виробів. Сформоване тісто у вигляді прямокутного шматка, поміщали на стіл з рівною поверхнею, посипали борошном і розкочували у напрямку від середини на всі боки. Розкатане тісто має бути однакової товщини. З розкатаного тіста формували за допомогою виїмок печиво. Випікали в конвекційній печі при температурі 180–200 °С протягом 10–15 хв.

Після закінчення випікання печиво виймали з печі, охолоджували на деку до температури 65–70 °С, знімали з дека та охолоджували в умовах лабораторії. Після остигання визначали органолептичні, фізико-хімічні показники якості та реологічні властивості готової продукції.

Для вивчення органолептичних та фізико-хімічних показників якості здобного печива використовували сучасні методи аналізу.

Показники якості пшеничного та полб'яного борошна визначали відповідно до методик, викладених у наступній нормативній документації: визначення кольору, смаку, запаху та хрустоту за ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»; визначення масової частки вологи в борошні за ДСТУ 13586.5-93 «Борошно. Метод визначення вологи»; визначення металоманітної домішки в борошні за ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»; визначення зольності борошна за ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»; визначення крупності помелу за ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»; визначення кислотного числа жиру за ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови»; визначення зараженості та забрудненості шкідниками за ГОСТ 13586.4-83; визначення кількості та якості сирової клейковини за ДСТУ ISO 21415-1:2009; визначення вмісту

Показники якості пшеничного борошна вищого сорту

Показник	За вимогами ДСТУ 46.004-99	Результати дослідження
Колір	білий або білий з кремовим відтінком	білий
Запах	властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	властивий пшеничного борошна, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Смак	властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий	властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Зміст мінеральної домішки	при розжовуванні не повинно відчуватися хрускоту	при розжовуванні хрускіт не відчувався
Вологість %, не більше	15,0	14,1±0,25
Клейковина сира: кількість, % не менше	28,0	28,6±0,30
Якість	не нижче 2-ої групи якості	1-ша група якості 57 од. пр.
Зараженість та забрудненість шкідниками	не допускається	не виявлено
Зольність у перерахунку на суху речовину, %, не	0,55	0,50±0,03
Кислотність, град	не нормується	2,2±0,01
Масова частка крохмалю, %	не нормується	79,9±3,00

білка за ДСТУ ISO 8968-1:2005; визначення вміст крохмалю поляриметричним методом; визначення амінокислотного складу білків методом іонообмінної хроматографії.

Вологість тіста перевіряли методом термічного висушування наважок, у тісті визначали реологічні властивості – пружну і пластичну деформацію.

У готовому печиві визначали структурно-механічні властивості – міцність при згинанні та різанні. Якість готових виробів визначали відповідно до методик, викладених у наступній нормативній документації: визначення органолептичних показників якості за ДСТУ 3781-2014; визначення намокання в борошняних кондитерських виробках за ДСТУ 5023:2008; визначення лужності в борошняних кондитерських виробках ДСТУ 5024:2008; визначення цукру в борошняних кондитерських виробках ДСТУ 5059:2008; вміст жиру в борошняних кондитерських виробках за ДСТУ 5060:2008; визначення вологості печива ДСТУ 3781:2014; визначення масової частки золи за ДСТУ 3781-2014.

Основні результати дослідження. Харчова цінність круп'яних культур визначається особливостями хімічного складу: вмістом добре засвоюваних білків, вуглеводів, великою кількістю корисних мінеральних солей, органічних кислот, вітамінів та ліпідним комплексом [10].

За кількістю поживних речовин полба багатша протеїнами, вуглеводами, зокрема цукрами, ніж звичайна пшениця. Кількість білка у зерні полби більше, ніж у зерні пшениці на 5%. Досить високий вміст білка робить полбу цінним джерелом рослинного білка. Це особливо актуально в умовах низької калорійності та незбалансованості раціонів більшості груп населення.

Було проведено дослідження якісних показників борошна пшеничного вищого сорту та борошна полб'яного. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості борошна пшеничного хлібопекарського вищого сорту визначали та

порівнювали їх з вимогами ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Результати дослідження якості борошна пшеничного хлібопекарського вищого сорту наведено в табл. 1.

Таким чином, виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок про те, що борошно пшеничне хлібопекарське вищого сорту відповідало вимогам ДСТУ 46.004-99 і, отже, може бути використане як сировинний компонент для проведення випічки експериментальних зразків печива.

Результати якості борошна полб'яного представлені в табл. 2.

За результатами табл. 2 можна дійти невтішного висновку, що проходу через сито 90,57% і залишку на ситі 9,43% відповідає розмір частинок борошна полб'яної 180–250 мкм. Отже, борошно полб'яне має більший розмір частинок порівняно з борошном пшеничного вищого сорту, для якого він становить 30–50 мкм. Тому додатково в лабораторних умовах проводили дорозмел борошна полб'яного, в результаті якого за показниками крупності помелу воно відповідало якості борошну пшеничному першого сорту.

Таким чином, завдяки мікророзмірам, розмелені частинки – продукти тонкого лабораторного помелу зерна полби – будуть рівномірніше розподілятися серед частинок іншого харчового та іншого сировинного матеріалу, утворювати більш гомогенізовані суміші, підвищувати їхню механічну міцність, стійкість при зберіганні, швидше набухати або розчинятися.

Зіставляючи аналіз власних досліджень та літературних даних хімічного складу та біологічної цінності пшеничного борошна вищого гатунку та полб'яного борошна, можна сказати, що вироби із застосуванням полб'яного борошна будуть мати підвищену харчову цінність.

Одним із найпоширеніших видів борошняних кондитерських виробів є здобне печиво. Відповідно до ДСТУ 3781-2014, до здобного печива відносять виріб різноманітної плоскої або об'ємної форми

Таблиця 2

Показники якості борошна полб'яного

Показник	Результати дослідження
Колір	кремовий з сіруватим відтінком, присутні оболонкові частинки полб'яного борошна
Запах	без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Смак	солодкий з горіховим присмаком, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Вміст мінеральної домішки	при розжовуванні хрускіт не відчувався
Вологість, %	11,6±0,15
Клейковина сира: кількість, %	24,0±0,35
якість	2-га група якості задовільно слабка (ІДК 78 од. пр.)
Зараженість та забрудненість шкідниками	не виявлено
Крупність помелу, %: залишок на ситі (з шовкової тканини № 35)	9,43±0,35
прохід через сито (з шовкової тканини № 27)	90,57±5,50
Масова частка золи в перерахунку на суху речовину, %	1,24±0,25
Кислотність, град	3,7±0,02
Масова частка крохмалю, %	69,3±3,50

з начинкою, без начинки, глазуrowаний, неглазуrowаний, із сумою масових часток цукру та (або) жиру, та (або) яєчних продуктів, та (або) молока та продуктів його переробки – не менше 30%, з масовою часткою вологи – не більше 15,5%, масовою часткою загального цукру – не менше 12%, масовою часткою жиру – не менше 2,3%. Для розробки рецептури здобного печива використовувалося борошно пшеничне та полб'яне. Основою розробки рецептур послужила рецептура пісочного напівфабрикату з пшеничного борошна.

Проведений аналіз полб'яного борошна показав, що для розробки рецептур доцільніше

проводити заміну частини пшеничного борошна на полб'яну. Тому, на першому етапі експерименту, нами були розроблені моделі рецептур здобного печива з різним відсотковим вмістом пшеничного та полб'яного борошна.

На наступному етапі експерименту визначали органолептичні та фізико-хімічні показники якості та реологічні властивості пісочного тіста. Результати досліджень наведено у табл. 3.

Температура тіста усіх зразків становила 20 °С. З даних табл. 3 видно, що при заміні 10% борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне з'явилися вкраплення частинки полб'яного борошна, що мають коричневий колір. Причому в міру збільшення дозування борошна полб'яного їх кількість збільшувалася. При заміні 20% борошна пшеничного на полб'яну колір тіста змінювався від білого з жовтуватим відтінком до світло-коричневого. При заміні 50% борошна пшеничного на борошно полб'яне ставав коричневим. При заміні 10% борошна пшеничного на борошно полб'яне не спостерігалася зміна запаху та смаку тіста. При заміні 20% і 30% відбувалася поява слабо вираженого горіхового смаку та запаху, який надалі посилювався зі збільшенням заміни борошна пшеничного на борошно полб'яне, що покращує органолептичні показники якості.

Вологість тіста у базового зразка та у зразків із заміною борошна пшеничного вищого сорту на полб'яне борошно (%): 10, 20, 30 залишалася незмінною і становила 18,5%. При заміні 40% та 50% борошна пшеничного вищого сорту відбувалося незначне збільшення вологості тіста на 0,1%. Це пояснюється тим, що зв'язування вологи відбувається повільніше за рахунок більших розмірів частинок полб'яного борошна.

При збільшенні дозування борошна полб'яного відбувалося збільшення пластичної деформації з 3,0145 мм (для зразка при заміні 10% борошна пшеничного на полб'яне) до 3,8525 мм (для зразка із заміною 50% борошна пшеничного на борошно полб'яне), полб'яне борошно має більший розмір частинок ніж борошно пшеничне вищого сорту (табл. 4). Таким чином, сумарна площа поверхні

Таблиця 3

Показники якості пісочного тіста

Показник	Зразки тіста					
	Базовий зразок	із заміною борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне в кількості, %				
		10	20	30	40	50
Колір	білий з жовтуватим відтінком	білий з жовтуватим відтінком, слабо виражені коричневі вкраплення	світло коричневий	світло коричневий	світло коричневий	коричневий
Смак і запах	запах та смак характерний для здобного печива	запах та смак характерний для здобного печива	слабо виражений горіховий смак та запах	слабо виражений горіховий смак та запах	горіховий смак та запах	горіховий смак та запах
Вологість, %	18,5±0,35	18,5±0,40	18,5±0,30	18,5±0,35	18,6±0,25	18,6±0,55

Таблиця 4
Показник пластичної деформації пісочного тіста залежно від дозування борошна полб'яного

Показник	Зразок тіста					
	Базовий зразок	із заміною борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне в кількості, %				
		10	20	30	40	50
	2,8832	3,0145	3,2195	3,4261	3,5985	3,8525

нижче і поглинання води колоїдами борошна відбувається повільніше, тому тісто набуває більш виражених пластичних властивостей.

Органолептичну оцінку випечених виробів проводили за допомогою дегустаційного аналізу, на підставі бальної шкали органолептичної оцінки якості борошняних кондитерських виробів.

Органолептична оцінка розроблених модельних зразків здобного печива із застосуванням бальної шкали представлена в табл. 5.

Органолептична оцінка виробів показала, що найбільшу кількість балів отримали зразки № 3 (4,7 балів), № 4 (3,7 бали), № 5 (3,3 бали). Слід зазначити, що всі вироби мали відповідну форму, без здуття, з наявністю виробів з шорсткою поверхнею за рахунок високого вмісту борошна полб'яного. Вироби з високим вмістом полб'яного борошна мали сильно виражений горіховий смак та запах. Колір виробів змінювався від білого з жовтуватим відтінком до темно-коричневого з невеликою підгорілістю, у виробах, що отримали найменшу кількість балів.

Далі були вивчені фізико-хімічні показники розроблених зразків здобного печива залежно від співвідношення в суміші пшеничного та полб'яного борошна (табл. 6).

Таблиця 5

Органолептична оцінка моделей здобного печива

Зразок	Органолептичні показники в балах				Сума балів (max=5)
	форма та поверхня (max 1,25)	колір (max 0,75)	смак та запах (max 2,5)	вид у зламі (max 0,5)	
Зразок № 1	0,60±0,2	0,60±0,1	1,0±0,2	0,45±0,1	2,75±0,1
Зразок № 2	0,65±0,2	0,65±0,2	1,0±0,1	0,45±0,1	2,8±0,2
Зразок № 3	1,0±0,1	0,70±0,2	2,5±0,2	0,5±0,1	4,7±0,2
Зразок № 4	0,75±0,1	0,70±0,1	2,5±0,2	0,5±0,1	3,7±0,2
Зразок № 5	0,75±0,05	0,65±0,2	2,0±0,2	0,40±0,1	3,3±0,2
Зразок № 6	0,70±0,1	0,70±0,2	1,0±0,2	0,40±0,05	2,9±0,2

Таблиця 6

Фізико-хімічні показники якості готової продукції

Показники	Зразки					
	контроль	із заміною борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне, %				
		10	20	30	40	50
вологість, %	5,7	5,4	5,3	5,3	5,2	5,2
лужність, град	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
намокання, %	123,3	124,4	135,3	140,2	145,8	157,9
масова частка цукру (загального) у перерахунку на суху речовину (за сахарозою), %	15,4	15,9	16,4	16,6	16,9	17,2
масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %	25,7	25,9	26,3	26,5	26,8	27,1

Таблиця 7

Зміна намокання печива в залежності від вмісту в суміші полб'яного борошна, %

Показник	Зразок тіста					
	Базовий зразок	із заміною борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне в кількості, %				
		10	20	30	40	50
	123	124	130	135	145	157

Таблиця 8

Залежність масової частки загальної золи від дозування полб'яного борошна, %

Показник	Зразок тіста					
	Базовий зразок	із заміною борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне в кількості, %				
		10	20	30	40	50
	0,63	0,76	0,89	1,10	1,14	1,24

Зміна намокання здобного печива представлена в табл. 7. Намокання виробів у міру підвищення полб'яного борошна, що вноситься, підвищувалася. Це пов'язано з тим, що тісто зі збільшенням заміни борошна пшеничного вищого сорту на борошно полб'яне стає більш пластичним, що надалі дозволяє отримати розпушену та тендітну структуру печива.

Зі збільшенням дозування борошна полб'яного в рецептурі вологість печива істотно не змінювалася, хоча й спостерігалася незначна тенденція до її зниження. Так, наприклад, вологість зразка № 4 (з дозуванням полб'яного борошна 30%) знижувалася на 1,12%, а зразка № 6 (з дозуванням полб'яного борошна 50%) – на 2,8% порівняно з базовою рецептурою. Це пояснюється тим, що в момент замісу тіста зв'язування вологи відбувається повільніше, отже, в момент випікання вільної вологи в тісті більше і процес вологовіддачі в пекарню камеру відбувається найбільш інтенсивно. Лужність виробів залишалася незмінною.

Результати дослідження вмісту масової частки загальної золи представлені в табл. 8.

Згідно даних табл. 8 зрозуміло, що зі збільшенням дозування полб'яного борошна, спостерігалася закономірне збільшення масової частки загальної золи печива. Це пов'язано з тим, що з полб'яним борошном вноситься більша кількість зольних елементів (що містяться в т. ч. у харчових волокнах).

Таким чином, дослідження впливу різного співвідношення пшеничного та полб'яного борошна в суміші на якість здобного печива дозволило зробити позитивний висновок про спільне застосування цих видів борошна у складі здобного печива.

Висновки. Обґрунтовано доцільність застосування у виробництві кондитерських виробів борошна із зерна полби, що відрізняється високим вмістом білка (на 5% більше, ніж у пшениці), харчових волокон (кількість перевищує у 2,5 рази), вітамінів (В₅, В₉, холін), мінеральних речовин.

Досліджено можливість та доцільність використання полб'яного борошна у виробництві напівфабрикатів та виробів із тіста. Розроблено та оптимізовано рецептуру здобного печива з суміші пшеничного та полб'яного борошна з заміною пшеничного борошна на полб'яне у кількості 20%.

Встановлено, що заміна частини пшеничного борошна полб'яним в рецептурі здобного печива покращує структурно-механічні властивості тіста та виробів: пластичність збільшується на 11,5%, що підвищує здатність до набухання.

Література

1. Bellil, I., Hamdi, O., Benbelkacem, A., Khelifi, D. The Genetic Potential of a Germplasm of Interspecific Crosses between Durum Wheats (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum* (Desf.) Husn.) and their Relatives (*T. dicoccum* Schübl. and *T. polonicum* L.) in Five Glutenin Loci. *Cereal Research Communications*. 2019. 47(4), 678–688. <https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.33>

2. Bencze, S., Makádi, M., Aranyos, T. J., Földi, M., Hertelendy P., Mikó P., Bosi, S., Negri, L., Drexler, D. Re-Introduction of Ancient Wheat Cultivars into Organic Agriculture – Emmer and Einkorn Cultivation Experiences under Marginal Conditions. *Sustainability*. 2020. 12, 1584. <https://doi.org/10.3390/su12041584>

3. Borysova, O., Ruzhitskaya, O. Hulled wheats (*Triticum spelta*, *Triticum dicoccum*) grain quality, germination, and viability characteristic. *Studia Biologica*. 2015. 9 (1), 125–134. <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.0901.404>

4. Charmet, G. Wheat domestication: Lessons for the future. *Comptes Rendus Biologies*. 2011. 334, 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.013>

5. Chaika, T., Korotkova, I., Barabolia, O., Shokalo N., Chetveryk O., Bilenko O., Krykunova V. Technological peculiarities of the mustang and *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl wheat cultivation according to organic farming standards. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 6. P. 205–210. <https://doi.org/10.15421/022307>

6. Demydov, O. A., Koliucha, G. S., Pravdziva, I. V., Yurchenko, T. V. Using gene pool of related species for breeding improvement of wheat by grain quality. *Myronivskyi visnyk [Myronivsky herald]*. 2016. 2, 141–155.

7. Fyroj, S., Biradar, S., Desai, S., Rudra, N., Mahalaxmi, K., Sneha, L. Sewaram. *Triticum dicoccum* Schubler wheat: A potential source for wheat bio-fortification program. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. 8(5), 1417–1422. <http://dx.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i5t.10499>

8. Giacintucci, V., Guardoño, L., Puig, A., Hernando, I., Sacchetti, G., Pittia, P. Composition, protein contents, and microstructural characterisation of grains and flours of emmer wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the central Italy type. *Czech Journal Food Sciences*. 2014. 32, P.115–121.

9. İlhan, D., Demir, H. Phylogeographic Structure of Kars Emmer Wheat (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schübl) in Turkey Explained by SSR Markers. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2021. 11(4), 3128–3137. <https://doi.org/10.21597/jist.923430>

10. Kilian, B., Martin, W., Salamini, F. Genetic Diversity, Evolution and Domestication of Wheat and Barley in the Fertile Crescent. *Evolution in Action*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2010. 137–166. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12425-9_8

11. Konvalina, P., Stehno, Z., Capouchova, I., Moudry, J., Juza, M., Zdeněk, S., Capouchová, I., Moudry, J. Emmer wheat using and growing in the Czech Republic. *Lucrari Stiintifice, seria Agronomie*. 2010. 53(2), 15–19.

12. Koutis, K., Selection and evaluation of emmer, einkorn and spelta germplasm in Greece for organic farming adaptability and bakery-nutritional quality. *Acta fytotechnica et Zotechnica*. 2015. 18, 81–82. <https://doi.org/10.15414/afz.2015.18.si.81-82>

13. Longin, C. F. H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., Wurschum, T. Comparative Study of Hulled (Einkorn, Emmer, and Spelt) and Naked Wheats (Durum and Bread Wheat): Agronomic Performance and Quality Traits. *Crop Science Society of America. Plant Genetic Resources*. 2015. 56(1), 302–311. <https://doi.org/10.2135/cropsoci2015.04.0242>

14. Zaparenko, A., Didenko, S., Holyk, O., Goloventsov, Y. Дослідження технологічних властивостей борошна полб'яного. *Food Science and Technology*. 2020. 14(2). <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1717>

15. Рожков, Р. В., Бабенко, Л. М., Криворученко, Р. В., Турчинова, Н. П., Іванов, О. В., Турчинов, О. О. Полба звичайна: походження, поширення, біологія та перспективи відродження в сучасному сільськогосподарському виробництві України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2023. 51(1), 90–103. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.11>

16. Семенова, А.Б. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба. Використання борошна стародавніх пшениць у хлібопекарському виробництві: монографія. Київ: ПрофКнига, 2018. С. 5–74.

17. Твердохліб, О.В., Голік, О.В., Нінієва, А.К., Богуславський, Р.Л. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.

18. Frakolaki, G., Giannou V., Topakas, E., Tzia, C. Chemical characterization and breadmaking potential of spelt versus wheat flour. *Journal of Cereal Science*. 2018. № 79. P. 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.023>

19. Жигунов, Д.О., Волошенко, О.С., Хоренжий, Н.В. Порівняльне дослідження показників якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна вітчизняного виробництва. Зернові продукти і комбікорми. 2018. Т. 18. № 3. С. 15–20. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i3.1071>

20. Васильєв, С. В. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її після збирального оброблення. Grain products and mixed fodder's. 2017. Т. 17, № 1. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i1.309>

21. Макарова, О. В. Вплив компонентів рецептури на зміни показників якості зернового хліба при зберіганні. Наукові праці ОНАХТ. 2012. №42. С. 129–133.

22. Луцьова, О. С. Дослідження впливу жиру на збереження свіжості безбілкового хліба. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2012. №1. С. 196–204.

References

1. Bellil, I., Hamdi, O., Benbelkacem, A., Khelifi, D. (2019). The Genetic Potential of a Germplasm of Interspecific Crosses between Durum Wheats (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum* (Desf.) Husn.) and their Relatives (*T. dicoccum* Schübl. and *T. polonicum* L.) in Five Glutenin Loci. *Cereal Research Communications*, 47(4), 678–688 <https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.33>

2. Bencze, S., Makádi, M., Aranyos, T. J., Földi, M., Hertelendy P., Mikó P., Bosi, S., Negri, L., Drexler, D. (2020). Re-Introduction of Ancient Wheat Cultivars into Organic Agriculture – Emmer and Einkorn Cultivation Experiences under Marginal Conditions. *Sustainability*, 12, 1584 <https://doi.org/10.3390/su12041584>

3. Borysova, O., Ruzhitskaya, O. (2015). Hulled wheats (*Triticum spelta*, *Triticum dicoccum*) grain

quality, germination, and viability characteristic. *Studia Biologica*, 9 (1), 125–134 <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.0901.404>

4. Charmet, G. (2011) Wheat domestication: Lessons for the future. *Comptes Rendus Biologies*. 334, 212–220 <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.013>

5. Chaika, T., Korotkova, I., Barabolia, O., Shokalo, N., Chetveryk, O., Bilenko, O., Krykunova, V. (2021). Technological peculiarities of the mustang and *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl wheat cultivation according to organic farming standards. *International Journal of Botany Studies*. Vol. 6. No 6. P. 205–210 <https://doi.org/10.15421/022307>

6. Demydov, O. A., Koliucha, G. S., Pravdziva, I. V. & Yurchenko, T. V. (2016). Using gene pool of related species for breeding improvement of wheat by grain quality. *Myronivskiy visnyk [Myronivsky herald]*, 2, 141–155

7. Fyroj, S., Biradar, S., Desai, S., Rudra, N., Mahalaxmi, K., Sneha, L. Sewaram (2020). *Triticum dicoccum* Schubler wheat: A potential source for wheat bio-fortification program. *International Journal of Chemical Studies*, 8(5), 1417–1422 <http://dx.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i5t.10499>

8. Giacintucci, V., Guardefo, L., Puig, A., Hernando, I., Sacchetti, G., Pittia, P. (2014). Composition, protein contents, and microstructural characterisation of grains and flours of emmer wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the central Italy type. *Czech Journal Food Sciences*, 32, P.115–121

9. Ilhan, D., Demir, H. (2021). Phylogeographic Structure of Kars Emmer Wheat (*Triticum dicoccum* Schrank ex Schübl) in Turkey Explained by SSR Markers. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3128–3137 <https://doi.org/10.21597/jist.923430>

10. Kilian, B., Martin, W., Salamini, F. (2010). Genetic Diversity, Evolution and Domestication of Wheat and Barley in the Fertile Crescent. Evolution in Action. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 137–166 https://doi.org/10.1007/978-3-642-12425-9_8

11. Konvalina, P., Stehno, Z., Capouchova, I., Moudry, J., Juza, M., Zdeněk, S., Capouchová, I., Moudry, J. (2010). Emmer wheat using and growing in the Czech Republic. *Lucrari Stiintifice, seria Agronomie*, 53(2), 15–19

12. Koutis, K., (2015). Selection and evaluation of emmer, einkorn and spelta germplasm in Greece for organic farming adaptability and bakery-nutritional quality. *Acta fytotechnica et Zotechnica*, 18, 81–82 <https://doi.org/10.15414/afz.2015.18.si.81-82>

13. Longin, C. F. H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., Wurschum, T. (2015). Comparative Study of Hulled (Einkorn, Emmer, and Spelt) and Naked Wheats (Durum and Bread Wheat): Agronomic Performance and Quality Traits. *Crop Science Society of America. Plant Genetic Resources*, 56(1), 302–311 <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.04.0242>

14. Zaparenko, A., Didenko, S., Holyk, O., Goloventsov, Y. (2020). Doslidzhenniatekhnolohichnykh vlastyvostei boroshna polbianoho. [Study of the technological properties of spelled flour] *Food Science and Technology*, 14(2) [in English]. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1717> [in Ukrainian].

15. Rozhkov, R. V., Babenko, L. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., Ivanov, O. V., Turchynov, O. O. (2023). Polba zvychna: pokhodzhennia, poshyrennia, biolohiia ta perspektyvy vidrodzhennia v suchasnomu silskohospodarskomu vyrobnytstvi Ukrainy. [Common spelled: origin, distribution, biology and prospects of revival in modern agricultural production of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Ahronomiia i biolohiia*. 51(1), 90–103 [in Ukrainian].
16. Semenova, A.B. (2018). Boroshno starodavnikh pshenyts, produkty pererobky krupianykh kultur ta shroty u tekhnolohii khliba. Vykorystannia boroshna starodavnikh pshenyts u khlibopekarskomu vyrobnytstvi [The use of ancient wheat flour in bakery production]: monograph. Kyiv: Professional book [in Ukrainian].
17. Tverdokhlib, O.V., Holik, O.V., Niniieva, A.K., Bohuslavskiy, R.L. (2013). Spelta i polba vorhanichnomu zemlerobstvi. [Spelled and spelled in organic farming]. Ukrainian farmer's guide. S. 154–155 [in Ukrainian].
18. Frakolaki, G., Giannou, V., Topakas, E., Tzia, C. (2018). Chemical characterization and breadmaking potential of spelt versus wheat flour. *Journal of Cereal Science*. № 79. P. 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.023>
19. Zhyhunov, D.O., Voloshenko, O.S., Khorenzhyi, N.V. (2018). Porivnialne doslidzhennia pokaznykiv yakosti tsilnozernovoho pshenychnoho ta speltovoho boroshna vitchyznianoho vyrobnytstva. [Comparative study of the quality indicators of domestically produced whole wheat and spelled flour]. *Cereal products and compound feed*. T. 18. № 3. P. 15–20. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i3.1071> [in Ukrainian].
20. Vasyliiev, S. V. (2017). Kharakterystyka polby yak perspektyvnoi zernovoi kultury ta osnovni problemy yii pislia zbyralnoho obroblennia. [Characteristics of spelled as a promising grain crop and its main problems after harvesting]. *Grain products and mixed fodder's*. T. 17, № 1. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i1.309> [in Ukrainian].
21. Makarova, O. V. (2012). Vplyv komponentiv retseptury na zminy pokaznykiv yakosti zernovoho khliba pry zberihanni. [The influence of recipe components on changes in the quality indicators of grain bread during storage]. *Scientific works of ONAKHT*. №42. P. 129–133. [in Ukrainian].
22. Lunova, O. S. (2012). Doslidzhennia vplyvu zhyru na zberezhenntia svizhosti bezbilkovoho khliba. [Study of the influence of fat on the preservation of freshness of protein-free bread.]. *Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade*. №1. P. 196–204. [in Ukrainian].

**І. С. Іванова**

кандидат сільськогосподарських наук,
декан факультету Агротехнологій та екології,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: irynaivanova2017@gmail.com

М. Є. Сердюк

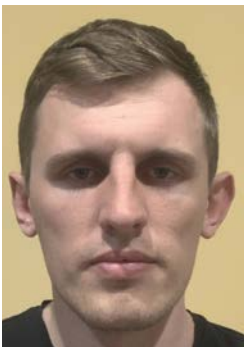
доктор технічних наук,
професор кафедри готельно-ресторанної справи та туризму,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: maryna.serdiuk@nubip.edu.ua

**Т. М. Тимошук**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
(м. Житомир, Україна)
E-mail: tat-niktim@ukr.net

І. А. Кривонос

старший викладач кафедри іноземних мов,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: iryna.a.krivonos@gmail.com

**Я. І. Пендрак**

аспірант спеціальності «Агрономія»,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
(м. Запоріжжя, Україна)
E-mail: pendrak.jaroslaw@gmail.com

ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У ПЛОДАХ ВИШНІ У БЕЗВІДХОДНОМУ ЛАНЦЮЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДОВОЇ СИРОВИНИ

Сучасні умови сьогодення спонукають виробників до впровадження у виробництво асортименту плодової продукції конкурентоспроможних культур з одночасним формуванням споживчих властивостей, високої харчової та біологічної цінності

з метою подальшого вдосконалення безвідходного ланцюга використання плодової сировини. Проблема формування та відбору якісних плодів кісточкових культур та їх безвідходне використання в гуманітарному контексті набуває актуальності. Збереження та вживання плодів з підвищеним вмістом БАР має вирішальне значення на територіях що характеризуються стихійними лихами, раптовими та затяжними конфліктами. Південь Степової зони України на даний час є регіоном постійної вразливості та нестабільності, тому особливої уваги потребує питання насичення ринку фруктами, зокрема плодами вишні з підвищеним вмістом основних мінералів та вітамінів. Одним з цінних природних антиоксидантів, що входить до складу плодів вишні є вітамін С.

Нині зростає інтерес до необхідності підбору не лише культур, але і окремих сортів з більш високим вмістом вітаміну С. Зважаючи на це, метою нашої наукової роботи було здійснити наукове обґрунтування частки впливу абіотичних погодних факторів та сортових особливостей на накопичення вітаміну С у плодах вишні та представити математичну модель, аналіз якої дозволить виявити погодні параметри, що впливають на формування досліджуваного показника у плодах.

За результатами експериментальних досліджень визначено, що оптимальним середнім вмістом аскорбінової кислоти на рівні 9,59% та варіативністю показника – 14,0% характеризувалися плоди сорту «Встреча». Визначено, що на формування фонду аскорбінової кислоти вирішальне значення мають погодні умови (фактор А) з часткою впливу – 69,2%. Проведений кореляційний аналіз показав наявність кореляційної лінійної залежності між сьома погодними факторами (X_i , $i=1..7$) та вмістом аскорбінової кислоти (Y_2) в плодах вишні. Значення парних коефіцієнтів кореляції $r_{y_2x_i}$, $r_{y_2x_j}$, $j=1..7$ знаходяться в межах інтервалу $[-0,55; 0,55]$, що показує наявність впливу між цими погодними факторами та досліджуваними показниками. Для формування фонду аскорбінової кислоти надважливим абіотичним фактором визначена середньомісячна сума опадів у травні $-\Delta_{x_1}$ – 37,11%. **Ключові слова:** аскорбінова кислота, сорт, терміни достигання плодів, варіабельність, фактор, погодні умови, якість, вишня, гуманітарний контекст, безвідходний ланцюг переробки.

I. Ye. Ivanova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Dean of Agrotechnology and Ecology Faculty,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: irynaivanova2017@gmail.com

M. Ye. Serdyuk

Doctor of Engineering Sciences,
Professor at the Department of Food Technologies and Hotel and Restaurant Business,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: maryna.serdiuk@nubip.edu.ua

T. M. Tymoshchuk

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Health of Phytocenoses and Trophology,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: tat-niktim@ukr.net

I. A. Kryvonos

Senior Lecturer at the Foreign Languages Department,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: iryna.a.krivonos@gmail.com

Ya. I. Pendrak

Graduate Student,
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Zaporizhzhia, Ukraine)
E-mail: pendrak.jaroslaw@gmail.com

PREDICTING THE VITAMIN C CONTENT IN SOUR CHERRY FRUITS IN THE WASTE-FREE CHAIN OF FOOD RAW MATERIALS

The current conditions encourage producers to introduce competitive crops into the production of fruit products with simultaneous formation of consumer properties, high nutritional and biological value with the aim of further improving the waste-free chain of fruit raw materials. The problem of forming and selecting high-quality stone fruit in the humanitarian context is becoming increasingly important and their non-wasteful use.

Preserving and consuming fruits with a high content of biological active substances is crucial in areas characterized by natural disasters, sudden and protracted conflicts. The south of the Steppe zone of Ukraine is currently a region of constant vulnerability and instability, so the issue of saturating the market with fruit, in particular sour cherries with a high content of essential minerals and vitamins, requires special attention. Vitamin C is one of the most valuable natural antioxidants contained in sour cherries.

Currently, there is a growing interest in the need to select not only crops but also individual varieties with higher vitamin C content. In view of this, the purpose of our research was to provide scientific substantiation of the influence of abiotic weather factors and varietal characteristics on the accumulation of vitamin C in sour cherry fruits and to present a mathematical model, the analysis of which will reveal weather parameters in the conditions that affect the formation of the studied indicator in fruits. Predicting one of the fruit's phytonutrients at the stage of fruit formation will allow for the distribution of raw materials in advance for a waste-free fruit chain and in the humanitarian context, and will offer sour cherry varieties for long-term storage and production of various types of processing.

According to the results of experimental studies, it was determined that the optimal average content of ascorbic acid at the level of 9.59% and the variability of the indicator – 14.0% were characterized by the fruits of the variety "Vstrecha". It was determined that the weather conditions (factor A) with a share of influence of 69.2% are crucial for the formation of the ascorbic acid fund. The correlation analysis showed the existence of a linear correlation between the seven weather factors (X_i , $i=1..7$) and the content of ascorbic acid (Y_2) in sour cherry fruits. The values of the paired correlation coefficients $r_{y_2x_i}$, $r_{y_2x_j}$, $j=1..7$ are within the interval $[-0,55; 0,55]$, which shows the presence of an influence between these weather factors and the studied indicators.

For the formation of the ascorbic acid fund, the average monthly precipitation in May was determined to be a crucial abiotic factor $-\Delta_{x_1}$ – 37,11%.

Key words: ascorbic acid, variety, fruit ripening, variability, factor, weather conditions, quality, sour cherry, humanitarian context, waste-free recycling chain.

Постановка проблеми. Однією з найпоширеніших і найдавніших культур, яку вирощують в Україні є вишня. Її плоди є цінними за ранні терміни досягання, високі дегустаційні властивості, лікувальні та тонізуючі якості. Вирощування, зберігання та доведення до споживача плодів вишні з високими показниками якості та біологічною цінністю є пріоритетним завданням товаровиробника. Топ країн-виробників вишні у світі: Туреччина, США, Іран. У 2018 році до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні включено 11 сортів вишні. У зв'язку з цим на увагу заслуговує дослідження антиоксидантних властивостей плодів нових вітчизняних сортів вишні та вишнево-черешневих гібридів, отриманих селекціонерами МДСС імені М. Ф. Сидоренка [16].

Згідно з інформацією Міністерства сільського господарства США, за сезон 2020 р. світове виробництво вишні дещо знизиться [7]. Накопичення вмісту біологічно активних речовин у плодах залежить від погодних умов вирощування, зберігання тощо [10, 11, 15]. Однією з основних причин, що гальмують отримання плодової продукції з високим вмістом біологічно активних речовин є недостатня ступінь дослідження впливу абіотичних факторів що впливають на формування показників якості плодів вишні в розрізі сортів різних регіонів України. В умовах глобальних змін клімату останнім часом мають місце пошуки нових інноваційних статистично-математичних підходів для виділення погодних параметрів, що мають домінуючий вплив на накопичення вітаміну С в плодах вишні на етапі формування сировини.

Тому, враховуючи цінність біологічно активних речовин плодів вишні в підтримці здоров'я, профілактиці захворювань та їх зміну від погодних умов створення математичної моделі формування фонду вітаміну С за дії зовнішніх параметрів наразі є актуальним питанням досліджень. В подальшому заплановано отримати результати досліджень використати для прогнозу потенційної збереженості плодів вишні в безвідходному ланцюзі переробки фруктів, останнє є актуальним на етапі розбудови переробної галузі окупованих територій Півдня Степової зони України в післявоєнний період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Популярність вишні, як плодової культури обумовлено цінністю плодів, які придатні до споживання в свіжому, замороженому вигляді та у вигляді різноманітних високоякісних заморожених напівфабрикатів, сухофруктів, джемів, конфітурів, компотів та цукатів [5].

Клінічні дослідження науковців показали, що плоди вишні та їх продукти переробки мають антиоксидантні та протизапальні властивості які забезпечує ряд фітонутрієнтів що входять до складу біохімічних компонентів плодів, найактивнішим з яких є аскорбінова кислота [1].

Аскорбінова кислота (вітамін С) має життєво-важливе значення в процесах окислення і відновлення в організмі людини, вона бере участь у ряді метаболічних реакцій. Аскорбінову

кислоту також використовують для профілактики та лікування застуди, психічних захворювань, безпліддя, раку та СНІДу [4].

Фрукти, зокрема вишня та черешня, що відкривають фруктовий сезон є основним джерелом споживання вітаміну С з їжею для споживача, оскільки організм людини не має здатності синтезувати аскорбінову кислоту [1].

Багато досліджень на Україні присвячено вивченню біохімічного складу плодів вишні зони Лісостепу у зв'язку з її видовими та сортовими особливостями. Так, дослідниками Уманського національного університету садівництва проведено диференційований аналіз вмісту вітаміну С в свіжих плодах вишні 7 досліджуваних сортів, що вирощені на дослідній станції помології імені Л. П. Смирненка інституту садівництва Національної Академії Аграрних Наук України. Визначено, що вміст аскорбінової кислоти у свіжих плодах вишні коливався від 16,25 (сорт «Оптимістка») до 19,15 мг/100 г (сорт «Пам'ять Артемька») [1, 5].

Дослідниками Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М. Ф. Сидоренка УААН наведені результати вивчення сортів вишні та вишнево-черешневих гібридів за біохімічними показниками якості. Але, в умовах затяжного політичного конфлікту на території Півдня Степової зони України, а також природних змін кліматичних параметрів регіону уваги потребує питання формування вітамінного складу плодів сортименту дослідної культури в гуманітарному контексті забезпечення населення високоякісним джерелом вітамінів з плодової сировини [5].

Колектив науковців Китаю Сичуанського сільськогосподарського університету на чолі з Дун Лян провели дослідження метаболізму аскорбінової кислоти під час розвитку плодів черешні та вишні. Визначено, що концентрації вітаміну С в рослинних клітинах сильно регулюються процесами розвитку плодів. На процесі регуляції суттєвий вплив має вид генотипу, тканини та типу клітини плодів. Незважаючи на отримані закономірності відзначено, що необхідні додаткові дослідження, щоб досягти глибшого розуміння ролі ключових регуляторних складових у накопиченні вітаміну С у плодах кісточкових культур [12].

Багатьма авторами показано, що і вміст аскорбінової кислоти в плодах вишні визначається не тільки сортовими особливостями, ступенем стиглості, а також умовами вирощування.

Аналіз літературних джерел показує обмежену ступінь дослідження впливу погодних факторів на формування фонду вітаміну С в плодах вишні Півдня Степової зони України. Так, в останні роки в питанні виробництва плодів приділено увагу методам удосконалення щодо підбору погодних даних, що мають вплив на продуктивність плодівих порід. Тому адаптація вишні, як плодової культури до умов довкілля вимагає розробки інноваційних методик та отримання моделей продуктивності цієї культури на основі погодних факторів [2].

Вивчення закономірностей формування вітаміну С плодів сортименту вишні селекції Півдня Степової зони України і встановлення вирішальних погодних показників на накопичення досліджуваного показника дозволить спрогнозувати якість плодової сировини та використати отримані дані для визначення подальших пріоритетних напрямків її зберігання та переробки у безвідходному циклі виробництва плодів кісточкових культур.

Метою статті було визначення впливу стресових абіотичних факторів на накопичення вітаміну С у плодах вишні та створення математичних моделей прогнозування їх вмісту і забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини у безвідходному циклі використання.

Для реалізації мети були вирішені такі завдання:

- проаналізувати погодні умови у період фенологічних фаз росту і розвитку вишні;
- виділити найкращі сорти за вмістом аскорбінової кислоти у плодах;
- дослідити взаємозв'язок між накопиченням аскорбінової кислоти та погодними факторами;
- розробити математичні моделі залежності накопичення аскорбінової кислоти та погодними факторами;
- визначити ступінь впливу кожного погодного фактору на формування кількості аскорбінової кислоти у досліджуваних сортах вишні.

Методика досліджень. Дослідження були проведені на базі лабораторії технології первинної переробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь (Україна) впродовж 2007–2019 рр.

Для розрахунку моделі прогнозування вмісту вітаміну С у плодах вишні було використано дані Мелітопольської метеостанції Півдня України.

У якості модельних сортів було взято 10 сортів вишні, що вирощені у ДП ДГ «Мелітопольське» Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М.Ф. Сидоренка УААН: «Встреча», «Ожиданіє», «Шалунья», «Сіянець Туровцевої», «Гріот Мелітопольський», «Солідарність», «Ігрушка», «Мелітопольська пурпурна», «Модниця», «Експромт».

Для дослідження вмісту аскорбінової кислоти відбирали по 100 плодів з 6 дерев кожного сорту вишні одного віку у стані повного плодоношення з середньою інтенсивністю. Повторність триразова. Плоди кожного помологічного сорту збирали вручну у 4-х різних місцях крони вишні у стані споживчої стиглості. Після збирання плоди вишні зважували окремо та підраховували їх кількість [4]. Плоди вишні транспортували у лабораторію впродовж 2...3 годин після їх збирання для визначення досліджуваного показника.

У період збирання споживчу стиглість плодів вишні визначали візуально та органолептично. М'якоть плодів була достатньо щільною, забарвлення і смак характерні для кожного

помологічного сорту. Плоди вишні відбирали з плодоніжкою. Транспортування та зберігання плодів здійснювали за умови збереження зовнішнього вигляду та смаку характерного кожному сорту.

Визначення масової частки аскорбінової кислоти (АК) проводили титрометричним методом, фарбою Тільманса за стандартною методикою [4].

Модель залежності вмісту аскорбінової кислоти у плодах вишні за дії погодних факторів формували за алгоритмом, який запропонований в роботі [6, 8, 9]:

1. Визначення вмісту аскорбінової кислоти (АК) в плодах досліджуваних сортів вишні;
2. Аналіз метеорологічних показників впродовж 13-ти років досліджень;
3. Розрахунок метеорологічних параметрів (гідротермічний коефіцієнт зволоження за Г. Т. Селяниновим, сума ефективних температур, сума активних температур та різниці температур за певні вегетаційні періоди років досліджень);
3. Проведення відбору метеорологічних факторів з показником суттєвої кореляції з вмістом АК у плодах за допомогою кореляційного аналізу;
4. Представлення регресійної моделі залежності вмісту АК у плодах сортів вишні від метеорологічних показників;
5. На підставі аналізу побудованої регресійної моделі визначення та ранжування погодних факторів відповідно до ступеня їх впливу на формування фонду вітаміну С в плодах вишні.

В роботі [3, 13] було запропоновано алгоритм аналізу впливу корелюючих факторів на результуючий показник на основі регресійної моделі, побудованої методом LASSO. Пропонується в даній роботі побудувати регресійну модель на основі рідж-регресії.

Згідно з методом рідж-регресії для визначення параметрів моделі знаходять мінімум функції:

$$L = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum_{i=1}^n \beta_i^2, \quad (1)$$

де:

y_i – експериментальні значення регресанта;
 \hat{y}_i – теоретичні значення регресанта, яке розраховується на основі побудованого рівняння регресії;

λ – заданий параметр;

β_i – коефіцієнти регресійної моделі.

Таким чином, дослідження пропонуємо проводити за наступним алгоритмом:

1. На основі експериментальних даних x_{ij} , ($i = 1 \dots n$ – номер погодного фактору, $j = 1 \dots m$ – номер року дослідження), будуюмо рідж-регресійну модель у вигляді:

$$\hat{Y} = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j \cdot X_j, \quad (2)$$

де X_j – фактори;

a_j – параметри моделі;

\hat{Y} – показник вмісту АК.

2. Розраховуємо значення коефіцієнтів відповідної регресійної моделі в нормалізованих факторах за формулою:

$$\tilde{a}_i = a_i \frac{S_{X_i}}{S_Y}, \quad (3)$$

де:

a_i – розраховані коефіцієнти регресійної моделі (2);

S_{X_i} – середнє квадратичне відхилення факторів X_i ;

S_Y – середнє квадратичне відхилення досліджуваного показника Y .

3. Проводимо аналіз побудованої регресії (2) для визначення ступеня впливу кожного з кліматичних факторів на досліджуваний показник. Для визначення частки впливу погодних чинників у сумарному впливі всіх факторів розраховуємо коефіцієнт Δ_j за формулою:

$$\Delta_i = \left| \frac{\tilde{a}_i r_{YX_i}}{R^2} \right|, \quad (4)$$

де \tilde{a}_i – параметри регресійної моделі в нормалізованих факторах \tilde{x}_i ;

r_{YX_i} – коефіцієнти кореляції;

R^2 – коефіцієнт детермінації.

Для виконання статистичного аналізу застосували засоби сучасних комп'ютерних технологій Data Mining – програмне середовище RStudio.

Основні результати дослідження. Середній вміст вітаміну С в модельних сортах вишні становив 9,17% (рис. 1). В ході експерименту було виділено сорти, які за результатами тринадцятирічних досліджень мали найбільшу середню масову частку досліджуваного показника, а саме це «Шалу́нья», «Сіянець Туровцевої», а найменшу – «Гріот Мелітопольський».

Варіація вмісту вітаміну С впродовж років досліджень у плодах вишні була на рівні середньої та високої в інтервалі значень $Vp=14,0\dots24,2\%$. Найбільш стабільним було визначено вміст вітаміну С у плодах сорту «Встреча» ($Vp=14,0\%$), а найбільш мінливим – у сорту «Експромт», ($Vp=24,2\%$). Плоди сорту «Встреча» відмічені оптимальним значенням 2 показників, а саме за середнім вмістом вітаміну С на рівні 9,59% та варіативністю – 14,0%.

Проаналізовано результати двохфакторного дисперсійного аналізу при формуванні фонду вітаміну С в плодах вишні (табл. 1). Доведено, що на накопичення вітаміну С вирішальне значення має фактор А – погодні умови. Частка його впливу становила – 69,2%. Вплив фактору – сортових особливостей був менш значним та становив 13,2%.

В ході математичного моделювання за результатами статистичних розрахунків було відібрано сім погодних факторів. Відібрані погодні показники суттєво корелюють з вмістом вітаміну С у плодах вишні ($r_{Y_1} = 0,9274$).

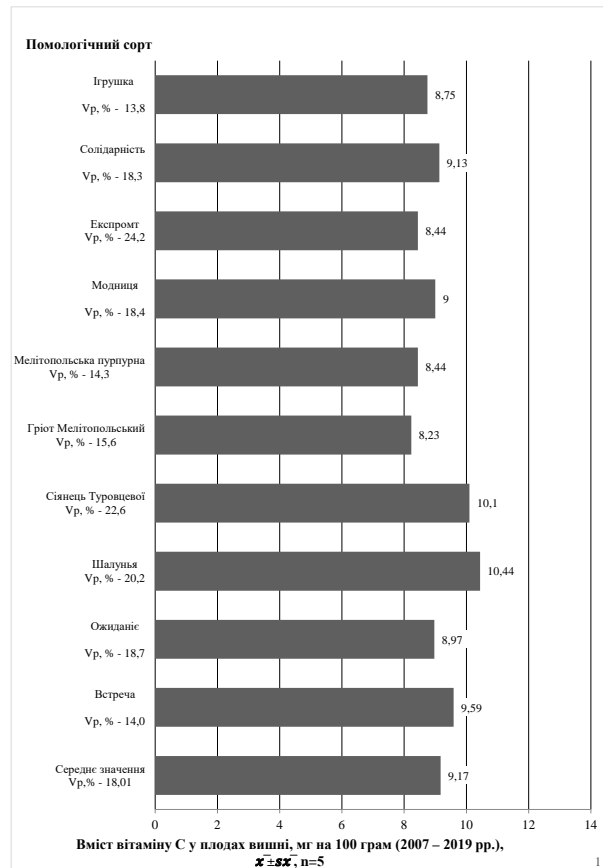


Рис. 1. Вміст вітаміну С у плодах вишні, мг на 100 грам (2007–2019 рр.), $\bar{x} \pm s\bar{x}$, $n=5$

При проведенні кореляційного аналізу була побудована матриця парних коефіцієнтів кореляції. На підставі тісноти кореляційного зв'язку виявлено такі фактори – 6 показників вологості повітря: середньомісячна сума опадів в травні (X_1) та червні (X_2); кількість днів з опадами більше 1 мм в травні (X_3) та червні (X_4); сума опадів в період від цвітіння до досягання плодів (X_6); загальна кількість днів з опадами в червні (X_7). Також, на накопичення АК впливав і температурний параметр – тривалість неморозного періоду впродовж року (X_5).

Значення коефіцієнтів кореляції між зазначеними факторами близькі до ± 1 , що свідчить про тісний кореляційний зв'язок між ними та констатує наявність ефекту мультиколінеарності.

Отримана регресійна модель виду (2) залежності показника Y_1 – накопичення АК від погодних факторів (в нормованих факторах, які розраховано за формулою (3) має вид:

Таблиця 1

Результати двох факторного дисперсійного аналізу при формуванні фонду вітаміну С в плодах вишні

Джерело варіації	Сума квадратів	Ступінь свободи	Дисперсія	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{таб.095}}$	Вплив, %
Фактор А (рік)	889,2	12	74,1	325,8	1,8	69,2
Фактор В (сорт)	169,6	9	18,8	82,8	1,9	13,2
Взаємодія АВ	164,0	108	1,5	6,67	1,3	12,7

$$\hat{Y}_1 = 0,0126X_1 + 0,0087X_2 + 0,0012X_3 + 0,0004X_4 - 0,0042X_5 + 0,0101X_6 + 0,0006X_7$$

де \hat{Y}_1 – прогнозне значення показника накопичення АК,

X_1 – середньомісячна сума опадів в травні,

X_2 – середньомісячна сума опадів в червні,

X_3 – кількість днів з опадами більше 1 мм в травні,

X_4 – кількість днів з опадами більше 1 мм в червні,

X_5 – тривалість неморозного періоду впродовж року,

X_6 – сума опадів в період від цвітіння до досягання плодів,

X_7 – загальна кількість днів з опадами в червні.

На основі побудованої моделі отримано коефіцієнт детермінації, $R^2 = 0,6928$.

На основі побудованої моделі були розраховані показники Δ_i ($i = 1..7$) за формулою (4), які характеризують ступінь впливу факторів на досліджуваний показник. Проведено ранжування факторів, відповідно до їх ступеня важливості (табл. 2). Діапазон частки впливу досліджуваних факторів на накопичення фонду АК в сортозразках вишні від 0,69% до 37,11% (табл. 2).

Переважає вплив на накопичення досліджуваного показника для плодів вишні мав показник вологості – середньомісячна сума опадів (ранг 1), де $\Delta_{X_1} = 37,11\%$. Вагоме значення також для формування АК має показник – сума опадів в період від цвітіння до досягання плодів вишні, мм (X_6), де Δ_{X_6} становило 29,72%. Помітний вплив на накопичення досліджуваного показника в плодах вишні на рівні 3 рангу мав фактор – середньомісячна сума опадів у червні ($\Delta_{X_2} = 20,18\%$). Решта погодних показників (X_3, X_4, X_5, X_7) мали менш суттєвий вплив на накопичення АК в плодах

вишні. Частка впливу факторів 4–7 рангу для АК $\Delta_{X_{3,4,5,7}} = 0,69\% - 8,41\%$.

Висновки.

1. Оптимальним середнім вмістом аскорбінової кислоти на рівні 9,59% та варіативністю показника – 14,0% характеризувалися плоди сорту «Встреча».

2. На формування фонду аскорбінової кислоти вирішальне значення мають погодні умови частка впливу фактору А становила 69,2%.

3. Проведений кореляційний аналіз впливу погодних факторів на вміст аскорбінової кислоти в плодах вишні визначив середню та сильну кореляційну залежність між 7 погодними факторами ($X_i, i=1..7$) та вмістом вітаміну С для 10 сортів вишні ($|r_{Y_i X_i}| \geq 0,55, i = 1..7, j = 1$),

4. Для формування фонду аскорбінової кислоти вирішальним погодним параметром визначено середньомісячну суму опадів у травні (X_1) – $\Delta_{X_1} = 37,11\%$.

Отримані результати дозволять прогнозувати вміст вітаміну С в плодах вишні залежно від наявних стресових зовнішніх умов, що дасть можливість в подальшому забезпечити збереження фітонутрієнту сировини при розробці безвідходного циклу використання плодів вишні.

Література

1. Василюшина О.В. Оцінка вмісту аскорбінової кислоти у заморожених плодах вишні різних сортів. Агробіологія. 2016. № 1. С. 31–37. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-146-1-31-37>.

2. Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Малкіна В.М., Шкіндер-Барміна А.М., Кривонос І.А. Урожайність вишні залежно від кліматичних умов років вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. № 4. С. 29–50.

3. Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Шкіндер-Борміна Г.М., Кривонос І.А. Вплив абіотичних чинників на формування смакових якостей плодів вишні. Збірник наукових праць УНУС. 2020. Вип. 96(1). С. 416–432.

Таблиця 2

Коефіцієнти парної кореляції між погодними факторами (X_i) і біохімічними показниками, частки впливу погодних факторів $\Delta_i, \%$ на накопичення фонду АК у плодах вишні та їх ранг

Умове позначення фактору, (X_i)	Фактори	Аскорбінова кислота		
		Парні коефіцієнти кореляції $r_{Y_i X_i}$	Коефіцієнти частки впливу факторів ($\Delta_i, \%$) та показники рангу факторів	
			Ранг	$\Delta_i, \%$
X_1	Середньомісячна сума опадів в травні, мм	0,751	1	37,11
X_2	Середньомісячна сума опадів в червні, мм	0,595	3	20,18
X_3	Кількість днів з опадами більше 1мм в травні, доба	0,649	5	2,94
X_4	Кількість днів з опадами більше 1мм в червні, доба	0,469	7	0,69
X_5	Тривалість неморозного періоду впродовж року, доба	-0,518	4	8,41
X_6	Сума опадів в період від цвітіння до досягання плодів, мм	0,753	2	29,72
X_7	Загальна кількість днів з опадами в червні, доба	0,427	6	0,95

4. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції : підручник для здобувачів ступеня вищої освіти з во / М.Є. Сердюк., О.П. Прісс, Н.А. Гапріндашвілі, Л.М. Здоровцева, О.І. Сухаренко, І.Є. Іванова. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.

5. Туровцева В.О., Шкіндер-Барміна А.М. Сорти вишні мелітопольської селекції. *Сад, виноград, вино України*. 2020. Вип. 2–4. С. 36–39. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua:123456789/15250> (дата звернення 25.04.2024).

6. Chigozie A.K. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2012. № 2(1). P. 1–5. <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.

7. Blando F., Dave Oomah B. Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. № 86. P. 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>.

8. The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors / I. Ivanova, M. Serdyuk, V. Malkina, & A. Kotelnyska, V. Moisiienko. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32(2). P. 239–250. <https://doi.org/10.15159/jas.21.27>.

9. Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects / I. Ivanova, M. Serdyuk, V. Malkina & T. Herasko, T. Tymoshchuk. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19(2). P. 444–457.

10. Lakatos L., Dussi M.C., Szabo Z. The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*. 2014. № 1020. P. 287–292. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41>.

11. Lakatos L., Szab T., Sun Z. [et al.]. The role of meteorological variables of blossoming and ripening within the tendency of qualitative indexes of sour cherry. *International J. of Horticultural Science*. 2010. № 16(1). P. 7–10.

12. Liang D., Zhu T., Ni Z. & Hui Xia. Ascorbic acid metabolism during sweet cherry (*Prunus avium*) fruit development. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(2). e0172818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172818/>.

13. Regression analysis of the dependence of the cherry yield from hydro-thermal factors in the conditions of multicollinearity / V. Malkina, I. Ivanova, M. Serdyuk, I. Kryvonos, E. Bilous. *Scientific Horizons*. 2019. Vol.11. P. 51–60. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60>.

14. Matel N., Magearu V., Birghila S., Dobrinas S. The determination of vitamin C from sweet cherries and cherries. *Revista de Chimie*. 2004. Vol. 55(2). P. 294–296.

15. Revell J.M. Sensory profile and consumer acceptability of sweet cherries. UK: University of Nottingham, 2009. 130 p.

16. Turvtseva V.A., Turvtseva N.N., Shkinder-Barmina A.N. Results of selection work with cherry and dukes at Melitopol Research Fruit Growing Station named after M.F. Sydorenko of the Institute of Horticulture of National Academy of Agrarian Sciences. *Bulletin of the Ukrainian Society of Genetics and Breeders*. 2016. Vol. 14(2). P. 227–238.

References

1. Vasylyshyna, O. V. (2019). Otsinka vmistu askorbinovoi kysloty u zamorozhenykh plodakh vyshni riznykh sortiv. [Evaluation ascorbic acid content different varieties frozen cherry fruit]. *Ahrobiolohiia*, 1, 31–37. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-146-1-31-37> [in Ukrainian].

2. Ivanova, I. Ye., Serdiuk, M. Ye., Malkina, V. M., Shkinder-Barmina, A. M., Kryvonos, I. A. (2019). Urozhainist vyshni zalezno vid klimatychnykh umov rolikiv vyroshchuvannya. [Cherry yields depending on the climatic conditions of the growing years]. *Visnyk ahrranoi nauky Prychornomoria*, 4, 29–50 [in Ukrainian].

3. Ivanova, I., Serdyuk, M., Shkinder-Barmina, A., Kryvonos, I. (2020). Vplyv abiotychnykh chynnykiv na formuvannya smakovykh yakostei plodiv vyshni. [Influence of abiotic factors on taste qualities of cherry fruits]. *Zbirnyk naukovykh pratts UNUS*, 96(1), 416–432 [in Ukrainian].

4. Serdyuk, M.E., Priss O.P., Haprindashvili, N.A., Zdorovtseva, L.M., Sukharenko, O.I., Ivanova, I.Ye. (2020). Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii : pidruchnyk dlia zdobuvachiv stupenia vyshchoi osvity zvo: Doslidnytskyi praktykum. Chastyna 1. [Research methods of fruit, vegetable and berry products]. (Ch. 1). Melitopol: Liuks [in Ukrainian].

5. Turvtseva, V.O., Shkinder-Barmina, A.M. (2020). Sorty vyshni melitopolskoi selektsii. [Cherry varieties of Melitopol cherry]. *Sad, vynohrad, vyno Ukrainy*, 2–4, 36–39. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua:123456789/15250> (accessed 25.04.2024) [in Ukrainian].

6. Chigozie, A.K. (2012). Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.

7. Blando, F., Dave Oomah, B. (2019). Sweet and Sour Cherries: Origin, Distribution, Nutritional Composition and Health Benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>.

8. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V. & Kotelnyska, A., Moisiienko, V. (2021). The forecasting of polyphenolic substances in sweet cherry fruits under the impact of weather factors. *Agraarteadus*, 32(2), 239–250. <https://doi.org/10.15159/jas.21.27>.

9. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V. & Herasko, T., Tymoshchuk, T. (2021). Investigation into sugars accumulation in sweet cherry fruits under abiotic factors effects. *Agronomy Research*, 19(2), 444–457.

10. Lakatos, L., Dussi, M.C., Szabo, Z. (2014). The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta horticulturae*, 1020, 287–292. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.41>.

11. Lakatos, L., Szab, T., Sun, Z. [et al.]. (2010). The role of meteorological variables of blossoming and ripening within the tendency of qualitative indexes of sour cherry. *International J. of Horticultural Science*, 16 (1), 7–10.

12. Liand, D., Zhu, T., Ni, Z. & Hui, Xia. (2017). Ascorbic acid metabolism during sweet cherry (*Prunus avium*) fruit development. *PLoS ONE*, 12(2), e0172818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172818/>.

13. Malkina, V., Ivanova, I., Serdiuk, M., Kryvonos, I., Bilous, E. (2019). Regression analysis of the dependence of the cherry yield from hydro-thermal factors in the conditions of multicollinearity. *Scientific Horizons*, 11, 51–60. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-51-60>.

14. Matel, N., Magearu, V., Birghila, S., Dobrinas, S. (2004). The determination of vitamin C from sweet cherries and cherries. *Revista de Chimie*, 55(2), 294–296.

15. Revell, J.M. (2009). Sensory profile and consumer acceptability of sweet cherries. UK: University of Nottingham.

16. Turvtseva, V.A., Turvtseva, N.N., Shkinder-Barmina, A.N. (2016). Results of selection work with cherry and dukes at Melitopol Research Fruit Growing Station named after M. F. Sydorenko of the Institute of Horticulture of National Academy of Agrarian Sciences. *Bulletin of the Ukrainian Society of Genetics and Breeders*, 14(2), 227–238.

**В. В. Любич**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: LyubichV@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ПЮРЕ ГАРБУЗОВОГО В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТА

У статті наведено вплив застосування пюре гарбузового на фізико-хімічні (упікання, усушка, кислотність, вологість, об'єм виробу, його маса) та органолептичні (зовнішній вигляд, стан м'якуша, запах і смак) показники якості кексу.

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування пюре гарбузового впливає на показники якості бісквіта. Так, найвищий показник упікання у контрольному варіанті – 23,8%. Застосування 5–20% пюре гарбузового знижує упікання до 20,7–22,2% або на 7–15% порівняно з контролем. Застосування пюре гарбузового збільшує усушку бісквіта від 0,8 до 2,2%. Найвищий показник об'єму бісквіта в контрольному варіанті, і він становить 395 см³/100 г тіста. Застосування 5–20% пюре гарбузового зменшує показник об'єму бісквіта до 213 см³/100 г тіста. Кислотність виробів у межах норми і змінюється від 1,2 до 1,6 град. Результати проведених досліджень свідчать, що використання пюре гарбузового збільшує масу бісквіта зі 100 г тіста. Показники варіюють від 75,4 до 77 г.

Колір м'якуша при добавлянні 5-ти відсотків пюре гарбуза залишається такий самий, як і при контролі, а саме світло-жовтий. В усіх інших випадках колір м'якуша досягає жовтуватого відтінку. Еластичність м'якуша на контролі, добавлянні 5-ти, 10-ти відсотків пюре гарбузового залишається ніжною. Однак при більш високому добавлянні пюре (15 і 20%) консистенція м'якуша переходить в більш вологу та соковиту.

Провівши дослідження трьох зразків бісквіту з добавлянням пюре гарбузового можна зробити висновок, що всі зразки мають характерний цьому виду відповідно до затверджених рецептур споживчий запах і смак, без стороннього присмаку та відчуттів. Вироби з добавлянням 5% пюре гарбузового не мають запаху та смаку гарбуза в бісквіті. Вироби з добавлянням 10 і 15% пюре гарбузового мають запах і смак гарбуза, який виявляється окремими експертами. Описана тенденція стосується застосування найбільшої кількості пюре гарбузового. При цьому рівень виявлення запаху та смаку гарбуза змінювався в широкому діапазоні – від його відсутності до сильного значення.

Ключові слова: об'єм виробу, вологість, упікання, усушка, органолептичні показники якості, технологічний процес.

V. V. Liubych

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Food Technologies,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: LyubichV@gmail.com

APPLICATION OF PUMPKIN SAUCE IN CUPCAKE TECHNOLOGY

The article shows the effect of the use of pumpkin paste on the physico-chemical (baking, drying, acidity, moisture, product volume, its weight) and organoleptic (appearance, state of crumb, smell and taste) quality indicators of the cake.

As a result of the conducted research, it was found that the use of pumpkin paste affects the quality indicators of the sponge cake. Thus, the highest baking indicator in the control variant is 23.8%. Application of 5–20% pumpkin paste reduces baking to 20.7–22.2% or 7–15% compared to the control; it also increases biscuit shrinkage from 0.8 to 2.2%.

The highest volume indicator of the sponge cake is in the control variant, and it is 395 cm³/100 g of dough. The use of 5–20% pumpkin paste reduces the sponge cake volume index to 213 cm³/100 g of dough. The product acidity is within the norm and varies from 1.2 to 1.6 degrees. The results of the conducted research show that the use of pumpkin paste increases the weight of sponge cake from 100 g of dough; the indicators vary from 75.4 to 77 g.

Crumb color when adding 5 percent of pumpkin paste remains the same as in the control, namely light yellow. In other cases, it reaches a yellowish tinge. The crumb elasticity on the control, adding 5, 10 percent of pumpkin paste remains delicate. However, with a higher addition of paste (15 and 20%), the crumb consistency turns into more moist and juicy.

Having studied three samples of sponge cake with the addition of pumpkin paste, a conclusion can be drawn, that all samples have a consumer smell and taste characteristic of this species in accordance with the approved recipes, without foreign flavor and sensations. Products with the addition of 5% pumpkin paste do not have the smell and taste of the pumpkin in the sponge cake. Products with the addition of 10 and 15% pumpkin paste have the smell and taste of pumpkin, which is found by some experts. The described trend relates to the use of the largest amount of pumpkin paste. Moreover, the detection level of the smell and taste of pumpkin varied in a wide range – from its absence to a strong value.

Key word: product volume, moisture, baking, drying, organoleptic quality indicators, technological process.

Постановка проблеми. Ринок кондитерських виробів вважається одним із найбільш розвинутих у вітчизняній харчовій промисловості. Кондитерська галузь є однією із найпоширеніших галузей України, асортимент продукції якої охоплює майже всі групи кондитерських виробів. Нині в Україні виробляється близько 900 тис. т кондитерських виробів [1]. Бісквітні вироби з додаванням пюре гарбузового, будуть привертати увагу покупців не тільки як новий продукт кондитерської промисловості, а й через свої лікувально-профілактичні властивості. Гарбуз має протизапальні, антиоксидантні, протівірусні та антидіабетичні властивості. М'якоть містить каротин, вітаміни групи В, пектин, клітковину та напівклітковину, що збільшуватиме біологічну цінність готових виробів [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Традиційні бісквіти характеризуються високою енергетичною цінністю та незначним вмістом вітамінів, мінеральних речовин, через що не відповідають вимогам нутріціології. Незбалансованість складу бісквітів пов'язана з високим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів та відносно низьким вмістом харчових волокон, ненасичених жирних кислот, вітамінів [5]. Виникає завдання з підвищення якості, удосконалення виробництва і розширення асортименту бісквітів, а також одержання виробів з наперед заданими властивостями, що можливо за рахунок використання нової нетрадиційної сировини [6], на що і направлено зусилля вітчизняних та закордонних вчених.

Основними напрямками розширення асортименту та підвищення якості бісквітів є використання функціональних інгредієнтів та зменшення їх енергетичної цінності. Так, вченими Г. П. Хомич і Н. І. Ткач [3] запропоновано використання порошоків із дикорослих плодів. Додавання порошоків до складу бісквітів сприяє одержанню виробів із високими органолептичними властивостями і збільшеними термінами зберігання за оптимальних дозувань порошоків із плодів м'якоті зі шкіркою і насінням глоду – 3%, 5% і 8% відповідно; із ягід і насіння ожини – 5% від маси сухих речовин у рецептурі.

Науковцями [2] встановлено можливість покращення харчової цінності бісквітів за рахунок застосування борошна з гороху, квасолі, вігні. Також використовують багатокомпонентні суміші з цілнозмеленого пшеничного та житнього борошна, а також насіння соняшнику, пшеничних зародків [7, 8]. Проте ці рекомендації не можна застосувати для пюре гарбузового, оскільки його властивості відрізняються від сухих складових.

Іншими вченими встановлено тенденцію до зменшення вмісту клейковини при використанні гарбузового борошна та гарбузової клітковини. Знижується також пружність і гідратаційна здатність клейковини, підвищується її розтяжність [9, 10]. Також було встановлено, що використання гарбузової сировини зменшує газоутримання в тісті, що обумовлено впливом складових гарбузової

сировини на клейковину. Склад гарбузової сировини також змінює в'язкість тіста. Однак, важливо відзначити, що смак виробів покращується, набуваючи приємного гарбузового аромату. М'якуш стає еластичним і добре розпушеним [11–13]. Проте ці дослідження стосуються виробів з дріжджів, що відрізняє його від технології бісквіта.

Отже, проведений огляд літератури свідчить про велику перспективу застосування гарбузовмісних напівфабрикатів у технології кондитерських виробів. При цьому недостатньо літератури щодо застосування пюре гарбузового в технології бісквіта.

Мета статті – вивчити формування фізико-хімічних та органолептичних показників бісквіта з додаванням пюре гарбузового.

Методика дослідження. Для оцінки впливу напівфабрикатів, виготовлених із гарбуза, на характеристики якості тіста бісквітного, проведено процес випікання відповідно до загальноприйнятої методики наукових досліджень у навчально-науковій лабораторії «Оцінювання якості і продуктів його перероблення», яка знаходиться на кафедрі харчових технологій Уманського національного університету садівництва.

У дослідженні було використано бісквітне тісто та гарбузова паста. За основу використано рецептуру бісквіта, яка включала 60 г борошна, 35 г пудри цукрової, 60 г меланжу, 0,3 г ванільного цукру. Спочатку готували тісто. До меланжу добавляли пудру цукрову та цукор ванільний. Потім суміш збивали у тістомісильній машині (Royalty Line RL-ПКМ1900.7, Німеччина) до утворення стійкої емульсії. Після цього добавляли пасту гарбузову. У табл. 1 наведено відсоткове співвідношення бісквітного тіста та гарбузової пюре. Проведено три повторні вимірювання для забезпечення надійності результатів досліджу.

Таблиця 1
Відсоткове співвідношення бісквітного тіста та пюре гарбузового

Компонент	Співвідношення, %				
Бісквітне тісто	100	95	90	85	80
Пюре гарбузове	–	5	10	15	20

У технології бісквіта використано борошно пшеничне вищого сорту (вміст клейковини – 28,8%, індекс деформації клейковини – 93 од. ВДК (вимірвач деформації клейковини)). Вологість борошна 12,3%. Гарбуз додавали до бісквіта у вигляді пюре. Використовували гарбуз мускатний (*Cucurbita moschata* (Duch.) Duch. ex Poir.) сорт Доля (UA). Технологія виробництва пюре гарбузового включала очищення м'якоті від шкірки і варіння до утворення однорідної маси. Після цього пюре розфасовували у банки і стерилізували в автоклаві за $t=100\pm 2$ °C упродовж 40 хв. Перед застосуванням пюре подрібнювали у блендері до однорідної маси. Вологість пюре 84,3%.

Упикання бісквіта визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1} \quad (1)$$

де Y – упикання бісквіта, %;

m_1 – маса тіста, г;

m_2 – маса гарячого бісквіта, г.

Усушку бісквіта визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1} \quad (2)$$

де Y – усушка бісквіта, %;

m_1 – маса гарячого бісквіта, г;

m_2 – маса холодного бісквіта, г.

Питомий об'єм визначали за формулою

$$V_p = \frac{V}{m} \quad (3)$$

де V_p – питомий об'єм, см³/г;

V – об'єм бісквіта, см³;

m – маса бісквіта, г.

Об'єм бісквіта виражали у см³ до 100 г борошна пшеничного та в см³ до 100 г тіста. Питомий об'єм визначали у см³/г хліба та см³/г тіста.

Вологість бісквіта визначали термогравіметричним методом. Об'єм – різницею між об'ємом ємкості, наповненої дрібнонасіною культурою без кексу і з ним. Кислотність – титруванням 50 см³ фільтрату 0,1 н розчином NaOH.

Визначення органолептичних показників бісквіта з додаванням пюре гарбузового проводили відповідно до вимог «ДСТУ 4660. Вироби бісквітні. Рулети та бісквіти. Загальні технічні умови». Відповідно до цього стандарту вироби бісквітні з додаванням пюре гарбузового повинні мати такі органолептичні показники, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники бісквіту з додаванням пюре гарбузового

Показник	Характеристика
Форма	Прямокутна або квадратна, відповідно до рецептури, два або більше пластів бісквіту перешаровані начинкою, без пошкоджень, з рівними зрізами.
Поверхня	Шорсткувата, злегка бугриста. Начинка не має виступати за краї виробу і бути на поверхні. Не допустима підгоріла поверхня. Допустимі поодинокі не розтріскані пухирці та наявність мілких тріщин.
Вид у розрізі	Пласти бісквітного напівфабрикату, не крихкі, добре пропечені, пористі, без лекалу та слідів непромісу.
Смак та запах	Характерний конкретному виду відповідно до затверджених рецептур, без стороннього присмаку.

Пористість визначали органолептично за шкалою: 9 – дрібні, тонкостінні або товстостінні, рівномірні, 7 – безпориста або інша частина м'якушки займає до 25% перерізу, 5 – безпориста або інша частина м'якушки займає 26–50% перерізу, 3 – безпориста або інша частина м'якушки

займає 51–75% перерізу, 1 – безпориста або інша частина м'якушки займає 76–100% перерізу.

Споживний запах і смак визначали за шкалою: 9 – надзвичайно подобається, 8 – дуже подобається, 7 – достатньо подобається, 6 – несуттєво подобається, 5 – не подобається, 4 – несуттєво не подобається, 3 – достатньо не подобається, 2 – дуже не подобається, 1 – надзвичайно не подобається.

Рівень запаху та смаку гарбуза в зразках бісквіта визначали за шкалою: 9 – відсутній, 7 – слабкий, 5 – відчутний, 3 – сильний, 1 – дуже сильний.

Колір поверхні та колір м'якуша бісквіта визначали органолептично. Місце проведення дослідження – м. Умань, Україна. Кількість залучених респондентів – 25 осіб. Час проведення дослідження – 2 квартал 2024 року.

Основні результати дослідження.

Результати проведених досліджень свідчать, що застосування пюре гарбузового знижувало упикання (табл. 3). Так, найвищим цей показник був у контрольному варіанті – 23,8%. Застосування 5–20% пюре гарбузового знижувало упикання до 20,7–22,2% або на 7–15% порівняно з контролем. Зниження упикання може бути зумовлене додаванням пюре гарбузового. Під час випікання бісквіта вода з тіста випарувалась не повністю.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники якості бісквіта з додаванням пюре

Кількість пюре гарбузового	Упикання, %	Усушка, %	Вологість, %	Об'єм, см ³ /100 г тіста	Кислотність, град
Без пюре (контроль)	23,8	0,8	24,6	395	1,2
5	22,2	0,8	23,0	359	1,2
10	20,7	2,2	23,0	323	1,4
15	22,1	1,4	23,6	270	1,5
20	21,5	2,0	23,5	213	1,6
HIP_{05}	1,0	0,1	1,1	13	0,1

Усушка бісквіта з додаванням пюре гарбузового змінювалася в межах від 0,8 до 2,2%. Результати проведених досліджень свідчать, що застосування пюре гарбузового збільшувало усушку бісквіта. Так, найменший цей показник був у контрольному варіанті та при додаванні 5% пюре гарбузового – по 0,8%. Застосування 3 – 10% пюре гарбузового збільшувало усушку до 2,2%, що більше на 1,4% в порівнянні з контрольним варіантом.

Вологість з кондитерських виробів з борошна відіграє ключову роль, оскільки підвищення цього показника призводить до зменшення поживної цінності продукту. Чим більший вміст води, тим менше буде корисних речовин у виробі. Крім цього, вироби з високим вмістом вологи швидше піддаються ураженню пліснявою.

Результати проведених досліджень свідчать, що використання пюре гарбузового зменшувало

вологість бісквіта. Так, найвищим цей показник був у контрольному варіанті, і він становить 24,6%. Застосування 2–5% і 3–10% пюре гарбузового знижувало вологість до 23%, що в порівнянні з контрольним варіантом на 1,6% менше.

Введення в бісквіт пюре з гарбуза сприяло кислотному накопиченню, що підвищує перетравлення виробу. Кислотність перебувала в межах норми і становила від 1,2 до 1,6 град. Так, найнижчим цей показник був у контрольному варіанті та при добавлянні 5% пюре гарбузового – по 1,2 град. При добавлянні 20% пюре гарбузового кислотність бісквіта зростала на 0,4 град. і становила 1,6 град.

Результати проведених досліджень свідчать, що використання пюре гарбузового зменшувало об'єм бісквіта. Так, найвищим цей показник був у контрольному варіанті, і він становить 395 см³/100 г тіста. Застосування 5–20% пюре гарбузового зменшувало показник об'єма бісквіта до 213 см³/100 г тіста, що в порівнянні з контролем на 182 см³/100 г тіста менше.

Встановлено, що використання пюре гарбузового збільшувало масу бісквіта зі 100 г тіста (табл. 4). Показники варіювалися в межах від 75,4 до 77 г. Так, найнижчим цей показник був у контрольному варіанті – 75,4 г. У досліджах 2 і 3, при добавлянні 5 і 10% пюре гарбузового маса бісквіта зі 100 г тіста становить 77 г, що на 1,6 г більше в порівнянні з контрольним варіантом.

Визначено, що використання пюре гарбузового зменшувало питомий об'єм тіста бісквітного. Так, найвищим цей показник був у контрольному варіанті – 4 см³/г тіста. При добавлянні 20% пюре гарбузового питомий об'єм бісквіта зменшився на 1,9 см³/г тіста і становить 2,1 см³/г тіста.

Таблиця 4

Маса і питомий об'єм бісквіта за різної кількості пюре гарбузового

Кількість пюре гарбузового	Маса бісквіта зі 100 г тіста, г	Питомий об'єм бісквіта, см ³ /г тіста	Питомий об'єм бісквіта, см ³ /г бісквіта
Без пюре (контроль)	75,4	4,0	5,2
5	77,0	3,6	4,7
10	77,0	3,2	4,2
15	76,4	2,7	3,5
20	76,5	2,1	2,8
НІР ₀₅	3,8	0,1	0,1

Результати проведених досліджень свідчать, що використання пюре гарбузового зменшувало питомий об'єм бісквіта. Так, найвищим цей показник був у контрольному варіанті – 5,2 см³/г бісквіта. При добавлянні 20% пюре гарбузового питомий об'єм бісквіта зменшився на 2,4 см³/г бісквіта і становить 2,8 см³/г тіста.

Використання гарбузової пюре при замісті тіста для бісквіту дає можливість отримати продукт, який відзначається світло-коричневим кольором поверхні при використанні 5–20% пюре гарбузового.

Колір м'якуша при добавлянні 5-ти відсотків пюре гарбуза залишається такий самий, як і при контролі, а саме світло-жовтий. В усіх інших випадках колір м'якуша досягає жовтуватого відтінку.

Еластичність м'якуша у контрольному варіанті та при добавлянні 5 і 10% пюре гарбузового залишається ніжною. Однак при більш високій добавлянні пюре (15 і 20%) консистенція м'якуша переходить в більш вологу та соковиту.

Таблиця 5

Зовнішній вигляд і показники якості м'якуша бісквіта

Кількість пюре гарбузового, %	Колір поверхні	Колір м'якуша	Еластичність м'якуша
Без пюре (контроль)	світло-коричневий	світло-жовтий	ніжна
5	світло-коричневий	світло-жовтий	ніжна
10	світло-коричневий	жовтий	ніжна
15	світло-коричневий	жовтий	волога, соковита
20	світло-коричневий	жовтий	волога, соковита

Колір поверхні бісквіту з добавлянням пюре з гарбуза, колір м'якуша та його еластичність наведено в табл. 5.

Зовнішній вигляд і м'якуш бісквіта з добавлянням пюре гарбузового продемонстровано на рис. 1.

Як показали дослідження при добавлянні 5 і 10% пюре гарбузового до тіста бісквіту ступінь вираження властивостей бісквітів високий, при 15% – середній. Однак при 20% добавляння пюре гарбузового виріб втрачав властивості притаманні бісквітам і набував властивостей кексу.

Відсутність клейковинних білків в гарбузовому борошні є основною причиною зменшення активності процесів бродіння та розпушування тіста, що веде до підвищення його щільності. Як результат, при використанні гарбузової пюре, випічка не набуває вираженої пористості, а отримані вироби мають дрібні пори.

Пористість м'якуша найкраще проявлялася при внесенні 5 і 10% пюре гарбузового і вона становить по 9 бала. При внесенні 15% пористість отримала 7 бала. Найгіршу пористість має варіант з добавлянням 20% пюре, через найбільший його вміст.

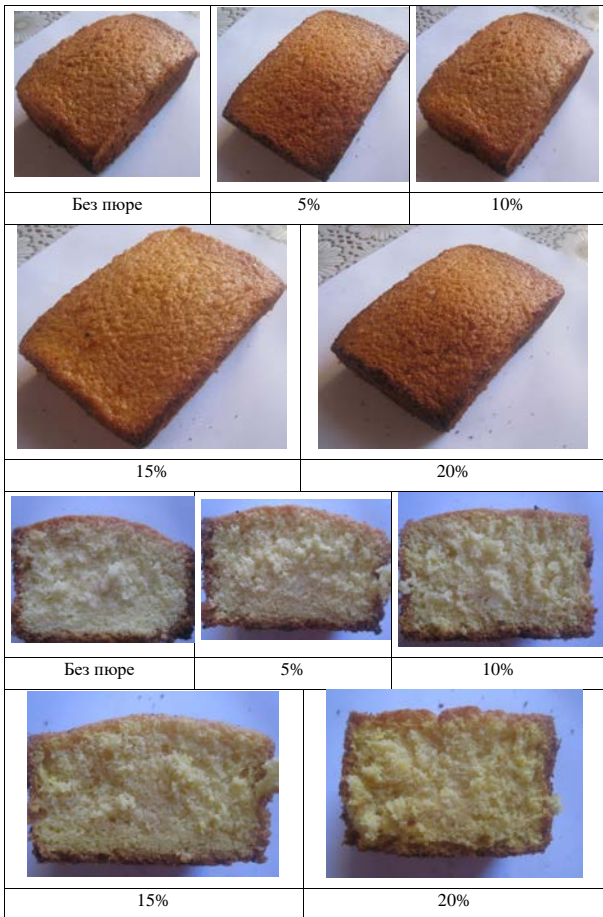


Рис. 1. Зовнішній вигляд і м'якуш бісквіта з додаванням пюре гарбузового

Результати дослідження про ступінь вираження властивостей бісквіта та пористість м'якуша було внесено в табл. 6.

Таблиця 6
Ступінь вираження властивостей бісквіта та пористість м'якуша

Кількість пюре гарбузового, %	Ступінь вираження (подібність) до властивостей бісквіта	Пористість, бал
Без пюре (контроль)	високий	9
5	високий	9
10	високий	9
15	середній	7
20	не властивий (кекс)	5

Додавання пюре з гарбуза до бісквіту може призвести до цікавого поєднання смаків. Гарбуз вносить ніжну солодку нотку та аромат, доповнюючи класичний смак бісквіту.

Провівши дослідження трьох зразків бісквіту з додаванням пюре гарбузового можна зробити висновок, що всі зразки мають характерний цьому виду відповідно до затверджених рецептур споживчий запах і смак, без стороннього присмаку та відчуттів.

Так, за дослідженням найкращі бали за споживчий смак і запах бісквіта отримали зразки з додаванням 5 і 10% пюре гарбузового (табл. 7). У решти зразків бали знаходилися в досить високих межах – 7–9 бала.

Таблиця 7
Споживний запах і смак бісквіта, бал

Кількість пюре гарбузового, %	Запах споживний			Смак споживний		
	1	2	3	1	2	3
Без пюре (контроль)	9	9	9	9	9	9
5	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	9	9	9
15	9	8	9	9	9	8
20	9	8	8	9	8	7

Рівень вираження смаку і запаху продемонстровано в табл. 8. Так вироби з додаванням 5% пюре гарбузового не мають запаху та смаку гарбуза в бісквіті. Вироби з додаванням 10 і 15% пюре гарбузового мають запах і смак гарбуза, який виявляється окремими експертами. Описана тенденція стосується застосування найбільшої кількості пюре гарбузового. При цьому рівень виявлення запаху та смаку гарбуза змінювався в широкому діапазоні – від його відсутності до сильного значення.

Таблиця 8
Рівень вираження запаху та смаку гарбуза в бісквіті, бал

Кількість пюре гарбузового, %	Запах гарбуза			Смак гарбуза		
	1	2	3	1	2	3
Без пюре (контроль)	9	9	9	9	9	9
5	9	9	9	9	9	9
10	9	9	7	9	9	7
15	9	8	7	9	9	7
20	9	8	7	9	7	5

Отримані дані під час дослідження бісквіту з додаванням пюре гарбуза свідчать на успішність виробничого процесу та досягнення високої якості продукції. Бісквіт відзначається однорідною структурою, приємним смаком і запахом, має апетитний зовнішній вигляд. Аналіз органолептичних та фізико-хімічних властивостей підтверджує, що виріб має високий показник якості.

Висновки. Застосування пюре гарбузового в технології бісквіта достовірно змінює фізико-хімічні та органолептичні показники якості. Так, застосування 5% пюре гарбузового забезпечує формування найвищого рівня споживного оцінювання (9 бала). Запах і смак гарбуза в продукті при цьому відсутній, м'якуш має світло-жовтий колір. Необхідно відзначити, що є можливість збільшити кількість пюре гарбузового до 10–15%. При цьому споживний рівень продукту становить 7–9 бала, а запах і смак гарбуза або відсутній, або слабкий. М'якуш таких виробів має жовтий колір.

Застосування 20% пюре гарбузового змінює реологічні властивості бісквіта до кексу. При цьому вміст вологи не відповідає вимогам стандарту.

Література

1. Дослідження ринку бісквітів. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-biskvitnyh-izdelij-v-ukraine-sredi-trendov-tort-ukrashennyj-mhom> (дата звернення 29.10.2023).

2. Дробот В. І., Шевченко А. О. Вплив продуктів переробки гарбуза на структурно-механічні властивості тіста та якість хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. Т. 27, № 3. С. 172–180.

3. Хомич Г. П., Ткач Н. І. Використання відходів дикорослої сировини у кондитерському виробництві. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1 (26). С. 52–57.

4. Khalid W., Gill P., Arshad M. S., Ali A., Ranjha M. M. A. N., Mukhtar S., Afzal F., Maqbool Z. Functional Behavior of DHA and EPA in the Formation of Babies Brain at Different Stages of Age, and Protect from Different Brain-Related Diseases. *Int. J. Food Prop.* 2022. Vol. 25. P. 1021–1044.

5. Nadeem H., Akhtar S., Ismail T., Sestili P., Lorenzo J., Ranjha M., Jooste L., Hano C., Aadil R. Heterocyclic Aromatic Amines in Meat: Formation, Isolation, Risk Assessment, and Inhibitory Effect of Plant Extracts. *Foods*. 2021. Vol. 10. Article number 1466.

6. Nawirska-Olszańska A., Biesiada A., Sokół-Łętowska A., Kucharska A. Z. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. *Food Chem.* 2014. Vol. 148. P. 415–419.

7. Paris H. S. Germplasm Enhancement of Cucurbita Pepo (Pumpkin, Squash, Gourd: Cucurbitaceae): Progress and Challenges. *Euphytica*. 2015. Vol. 208. P. 415–438.

8. Ranjha M. M. A. N., Irfan S., Nadeem M., Mahmood S. A Comprehensive Review on Nutritional Value, Medicinal Uses, and Processing of Banana. *Food Rev. Int.* 2020. Vol. 38. P. 199–225.

9. Ranjha M. M. A. N., Kanwal R., Shafique B., Arshad R. N., Irfan S., Kieliszek M., Kowalczewski P. Ł., Irfan M., Khalid M. Z., Roobab U., et al. A Critical Review on Pulsed Electric Field: A Novel Technology for the Extraction of Phytoconstituents. *Molecules*. 2021. Vol. 26. Article number 4893.

10. Ranjha M. M. A. N., Shafique B., Wang L., Irfan S., Safdar M. N., Murtaza M. A., Nadeem M., Mahmood S., Mueen-Ud-Din G., Nadeem H. R. A comprehensive review on phytochemistry, bioactivity and medicinal value of bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum*). *Adv. Tradit. Med.* 2021. P. 1–21.

11. Rasheed H., Shehzad M., Rabail R., Kowalczewski P., Kidoń M., Jeżowski P., Ranjha M. M. A. N., Rakha A., Din A., Aadil R. M. Delving into the Nutraceutical Benefits of Purple Carrot against Metabolic Syndrome and Cancer: A Review. *Appl. Sci.* 2022. Vol. 12. Article number 3170.

12. Roongruangsri W., Bronlund J. A Review of Drying Processes in the Production of Pumpkin Powder. *Int. J. Food Eng.* 2015. Vol. 11. P. 789–799.

13. Wang S., Lu A., Zhang L., Shen M., Xu T., Zhan W., Jin H., Zhang Y., Wang W. Extraction and Purification of Pumpkin Polysaccharides and Their Hypoglycemic Effect. *Int. J. Biol. Macromol.* 2017. Vol. 98. P. 182–187.

References

1. Doslidzhennia rynku biskvitiv [Biscuit market research] URL: <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/issledovanie-rynka-biskvitnyh-izdelij-v-ukraine-sredi-trendov-tort-ukrashennyj-mhom> (access date 29. 10. 2023) [in Ukrainian].

2. Drobot V. I., & Shevchenko A. O. (2021). Vplyv produktiv pererobky harbuza na strukturno-mekhanichni vlastyvoli tista ta yakist khliba. [The influence of pumpkin processing products on the structural and mechanical properties of dough and the quality of bread]. *Scientific works of the National University of Food Technologies*, 27, 3, 172–180 [in Ukrainian].

3. Khomych H. P., & Tkach N. I. (2014). Vykorystannia vidkhodiv dykorosloi syrovyny u kondyterskomu vyrobnytstvi. [Use of wild raw material waste in confectionery production]. *Food science and technology*, 1 (26), 52–57 [in Ukrainian].

4. Khalid, W., Gill, P., Arshad, M. S., Ali, A., Ranjha, M. M. A. N., Mukhtar, S., Afzal, F., & Maqbool, Z. (2022). Functional Behavior of DHA and EPA in the Formation of Babies Brain at Different Stages of Age, and Protect from Different Brain-Related Diseases. *Int. J. Food Prop.*, 25, 1021–1044

5. Nadeem, H., Akhtar, S., Ismail, T., Sestili, P., Lorenzo, J., Ranjha, M., Jooste, L., Hano, C., & Aadil, R. (2021). Heterocyclic Aromatic Amines in Meat: Formation, Isolation, Risk Assessment, and Inhibitory Effect of Plant Extracts. *Foods*, 10, 1466

6. Nawirska-Olszańska, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2014). Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. *Food Chem.*, 148, 415–419

7. Paris, H. S. (2015). Germplasm Enhancement of Cucurbita Pepo (Pumpkin, Squash, Gourd: Cucurbitaceae): Progress and Challenges. *Euphytica*, 208, 415–438

8. Ranjha, M. M. A. N., Irfan, S., Nadeem, M., & Mahmood, S. (2020). A Comprehensive Review on Nutritional Value, Medicinal Uses, and Processing of Banana. *Food Rev. Int.*, 38, 199–225

9. Ranjha, M. M. A. N., Kanwal, R., Shafique, B., Arshad, R. N., Irfan, S., Kieliszek, M., Kowalczewski, P. Ł., Irfan, M., Khalid, M. Z., Roobab, U., et al. (2021). A Critical Review on Pulsed Electric Field: A Novel Technology for the Extraction of Phytoconstituents. *Molecules*, 26, 4893

10. Ranjha, M. M. A. N., Shafique, B., Wang, L., Irfan, S., Safdar, M. N., Murtaza, M. A., Nadeem, M., Mahmood, S., Mueen-Ud-Din, G., & Nadeem, H. R. (2021). A comprehensive review on phytochemistry, bioactivity and medicinal value of bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum*) *Adv. Tradit. Med.*, 1–21

11. Rasheed, H., Shehzad, M., Rabail, R., Kowalczewski, P., Kidoń, M., Jeżowski, P., Ranjha, M. M. A. N., Rakha, A., Din, A., & Aadil, R. M. (2022). Delving into the Nutraceutical Benefits of Purple Carrot against Metabolic Syndrome and Cancer: A Review. *Appl. Sci.*, 12, 3170

12. Roongruangsri, W., & Bronlund, J. (2015). A Review of Drying Processes in the Production of Pumpkin Powder. *Int. J. Food Eng.*, 11, 789–799

13. Wang, S., Lu, A., Zhang, L., Shen, M., Xu, T., Zhan, W., Jin, H., Zhang, Y., & Wang, W. (2017). Extraction and Purification of Pumpkin Polysaccharides and Their Hypoglycemic Effect. *Int. J. Biol. Macromol.*, 98, 182–187.

**В. А. Піддубний**

доктор технічних наук, професор,
в.о. директора,
Український науково-дослідний інститут спирту
і біотехнології продовольчих продуктів
(м. Київ, Україна)
E-mail: profpod@ukr.net

Н. М. Осокіна

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: ninaosokina1953@gmail.com

**Г. В. Ткаченко**

E-mail: tkachenkogenady@ukr.net

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПРОДУКТІВ ДРОБЛЕННЯ НАСІННЯ СОЇ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Отримання олії з насіння сої екструзійно-пресовим способом передбачає його сушіння до вологості 8,0–8,5%. Витрати енергії для сушіння можуть на 300–400% і більше перевищувати розрахунково необхідні для випаровування вологи.

Дроблення прискорює термовологообмінні процеси в окремій часточці продукту, але є причиною деяких негативних явищ: зменшує об'єм робочих газів та збільшує аспіраційні відноси під час сушіння. Мета досліджень – визначення швидкості руху робочих газів у відповідних коробах зерносушарки за сушіння дробленого насіння сої. Швидкість робочих газів у відповідних коробах зерносушарки моделювали у програмному середовищі SOLIDWORKS. Сушіння дробленого насіння сої проводили в режимі періодичної дії (порційному) зерносушарки ДСП-320Т. За контроль взяли ціле насіння сої. Зважування насіння сої до та після сушіння проводили на автомобільних вагах. За результатами моделювання побудовано рисунок показників тиску робочих газів в перерізі, що розташований у центральній площині повітропроводів та газорозподільчих камер. Спостерігався значний перепад тиску (200 Па) в середині газорозподільчих камер: зони підвищеного тиску – навпроти входів повітропроводів, найнижчого – у центральній частині. Поєднання високої швидкості та тиску робочих газів у верхній частині газорозподільчої камери стало причиною різкого збільшення швидкості у верхньому ряду відповідних коробів першої секції. Фактично середня, визначена анемометром, швидкість робочих газів становить 4,2 м/с, що підтверджує результати симуляції SOLIDWORKS Flow. Комп'ютерна симуляція дозволила виявити окремі ряди відповідних коробів, швидкість робочих газів у яких значно вища, за середні показники. Виявлена значна розбіжність у показниках швидкості робочих газів в межах однієї зони зерносушарки, що є наслідком несиметричного під'єднання повітропроводів.

Зменшення перерізу підвідних газорозподільних коробів у зонах з високою швидкістю відпрацьованих робочих газів, дозволить її зменшити та знизити втрати маси продуктів дроблення насіння сої.

Ключові слова: соя, олія, сушіння, SOLIDWORKS Flow Simulation, швидкість робочих газів.

V. A. Piddubny

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Acting Director,
Ukrainian Research Institute for Alcohol and Biotechnology Food Products (Kyiv, Ukraine)
E-mail: profpod@ukr.net

N. M. Osokina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Food Technologies,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: ninaosokina1953@gmail.com

H. V. Tkachenko

E-mail: tkachenkogenady@ukr.net

OPTIMIZATION DRYING PROCESS OF CRUSHED SOYBEAN FOR OIL PRODUCTION

Obtaining oil from soybeans by the extrusion-pressing method involves drying it to a moisture content of 8.0–8.5%. Energy consumption for drying can be 300–400% or more than the estimated energy consumption for moisture evaporation.

Crushing accelerates thermo-moisture exchange processes in a separate product particle, but it causes some negative phenomena: it reduces the volume of hot air and increases aspiration mass loss during drying. The purpose of the research is to determine the speed of hot air movement in the outlet channels of the grain dryer during drying of crushed soybeans. The simulation of the speed of hot air movement carried out in the SOLIDWORKS software environment. Drying of crushed soybeans carried out in batch mode. A whole soybean taken as a control. Weighing soybeans before and after drying carried out on automobile scales. According to the simulation results, a diagram of hot air pressure indicators in the central plane of air ducts and gas distribution chambers was constructed. A significant pressure drop (200 Pa) observed in the middle of the gas distribution chambers: the zone of increased pressure – opposite the entrances of the ducts, the lowest – in the central part. The combination of high speed and hot air pressure in the upper part of the gas distribution chamber caused a sharp increase in speed in the upper row of the outlet channels of the first section. In fact, the average hot air speed determined by the anemometer is 4.2 m/s, which confirms the results of the SOLIDWORKS Flow simulation.

Computer simulation made it possible to identify separate rows of outlet channels, the speed of hot air in which is much higher than the average indicators. A significant difference in hot air speed indicators within one zone of the grain dryer revealed, which is a consequence of the asymmetric connection of air ducts.

Reducing the cross-section of the inlet channels in areas with a high speed of exhaust hot air will allow reduce it and reduce the mass loss of soybean crushing products.

Key words: soybean, oil, drying, SOLIDWORKS Flow Simulation, hot air velocity.

Постановка проблеми. Отримання олії з насіння сої екструзійно-пресовим способом передбачає його сушіння до вологості 8,0–8,5% [7, 8]. Витрати енергії для сушіння, можуть на 300–400% і більше перевищувати розрахунково необхідні для випаровування води. [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Соя відноситься до крупнозернистих культур, її насіння має еліпсоподібну форму [4], а тому створює мінімальний гідравлічний опір робочим газам у зерносушарці [5]. Дроблення прискорює термовологообмінні процеси в окремій часточці продукту [3, 9, 10], але є причиною деяких негативних явищ: зменшує об'єм робочих газів та збільшує аспіраційні відноси під час сушіння [1].

Метою досліджень є визначення швидкості відпрацьованих робочих газів у відповідних коробах зерносушарки за сушіння продуктів дроблення насіння сої.

Методика дослідження. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання: розробити 3D модель модернізованої зерносушарки ДСП-320Т, провести симуляцію розподілу повітряних потоків у програмному середовищі SOLIDWORKS, порівняти отримані дані з результатами натурного експерименту.

Швидкість робочих газів у відповідних коробах зерносушарки моделювали у програмному середовищі SOLIDWORKS [12]. Створено 3D модель модернізованої шахтної зерносушарки ДСП-320Т, що призначена для сушіння насіння сої.

На основі попередніх досліджень знижено витрати робочих газів шляхом заміни вентилятора першої зони Ц-4-70 № 12 на Ц-4-70 № 10, зниження

обертів робочого колеса до 1050 об/хв та встановленням додаткових дросель-клапанів, перегородок в топковому відділенні та шибєрних засувок.

Зона охолодження зерносушарки ДСП-320Т містить 18 рядів газорозподільних коробів. Необхідна для тривалого зберігання різниця температур у 5 °С насіння сої та повітря, спостерігалася за проходження зерновою масою 6–8 рядів коробів. Рівноважна вологість насіння сої за від'ємних температур значно вища оптимального значення 7–8% для отримання олії методом «сухої екструзії», оскільки відбувається зволоження зернової маси у зоні охолодження. Зону охолодження зменшено до 8 рядів (одна секція).

Між другою зоною сушіння та зоною охолодження створено зону стабільної швидкості вологовіддачі «відлежування» (рис. 1) у якій зменшена площа вікон чотирьох рядів підвідних газорозподільних коробів (одна секція).

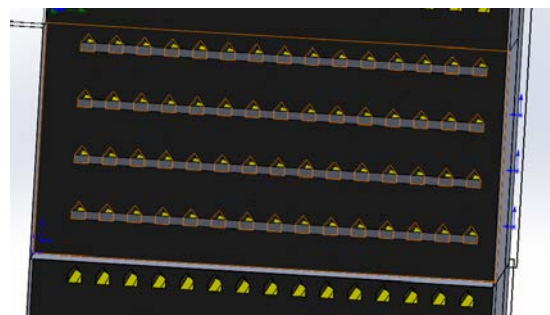


Рис. 1. Зона стабільної швидкості вологовіддачі «відлежування»

Сушіння дробленої сої проводили в режимі періодичної дії (порційному) зерносушарки ДСП-320Т. За контроль взяли ціле насіння сої. Зважування насіння сої до та після сушіння проводили на автомобільних вагах.

Погодні умови були майже однаковими, сушіння дробленої сої відбувалося вранці, а цілої – ввечері того ж дня. Температуру робочих газів встановлювали однаково, період часу між відкриттями розвантажувальних пристроїв шахт був також однаковим (2 хв. 30 с) для висушування насіння за один пропуск.

Рециркуляцію зерна в сушарці розпочинали одночасно з подачею робочих газів у першу та другу зони сушіння. Очікували одну годину, для нагріву топкового відділення, вмикали вентилятор зони охолодження та починали визначення показників роботи зерносушарки починаючи з першої зони сушіння. Період часу для визначення показників у другій зоні сушіння та зоні охолодження встановлювали розрахунковим методом відповідно до швидкості переміщення зернової маси в зерносушарці.

Температуру зерна визначали ртутним термометром методом відбору проб, відносну вологість та температуру відпрацьованих робочих газів у відповідних коробах – аспіраційним психрометром Ассмана МВ-4М (рис. 2).



Рис. 2. Аспіраційний психрометр Ассмана МВ-4М



Рис. 3. Чашковий анемометр МС-13

Швидкість робочих газів у відповідних коробах визначали чашковим анемометром МС-13 (рис. 3).

Визначення швидкості температури та відносної вологості відпрацьованих робочих газів проводили у другому ряду кожної секції, в центральному та передостанніх з обох боків газовідвідних коробах. Прохідні галереї суттєво спростили проведення таких досліджень (рис. 4).



Рис. 4. Вимірювання швидкості відпрацьованих робочих газів

Основні результати дослідження. Швидкість відпрацьованих робочих газів залежить від втрат тиску в насінневі масі. На основі проведених досліджень [4, 5] у прикладній програмі SOLIDWORKS Flow Simulation задано властивості пористого середовища, що імітує шар продукту сушіння (рис. 5).

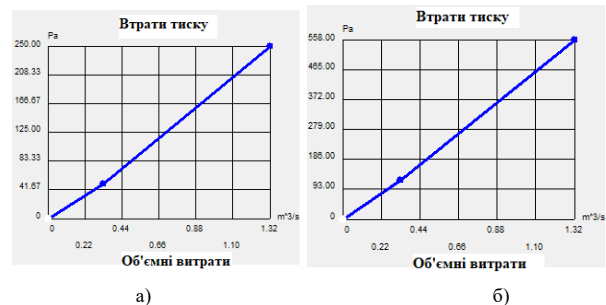


Рис. 5. Втрати тиску в продукті сушіння: а) ціле насіння сої; б) дроблене насіння сої

З метою скорочення процесорного часу розрахунку, 3D модель містить лише одну шахту, а ширина газорозподільчих камер та повітропроводів зменшена у двічі. Продуктивність вентиляторів задана кривою залежності від втрат тиску і також зменшена вдвічі, враховані значні втрати тиску, що створюють додаткові дросельні клапани, перегородки в топковому відділенні та шибєрні засувки. Густина робочих газів першої та другої зони встановлено 1 кг/м³, зони охолодження – 1,2 кг/м³. Модель не враховує змін об'ємів робочих газів від падіння температури в пористому середовищі (продукті сушіння).

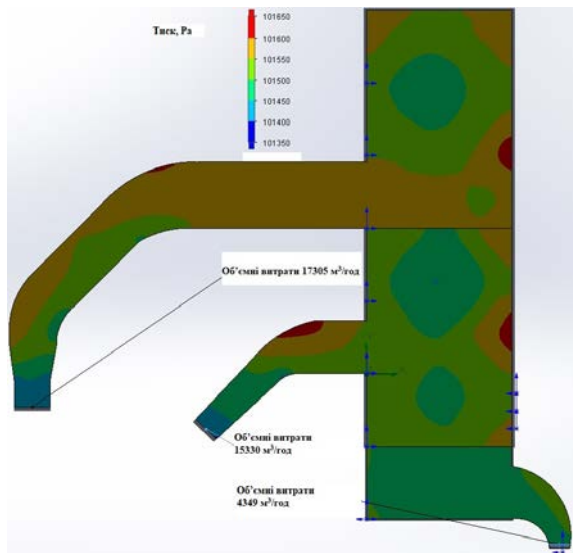


Рис. 6. Розподіл тиску робочих газів в повітропроводах та газорозподільних камерах за сушіння цілого насіння сої

В умовах розрахунку було задано атмосферний тиск на виході – 10325 Па. Кінцевою метою розрахунків було встановлення середньої швидкості робочих газів. Глобальна сітка розподілу проточного об'єму встановлена на четвертому рівні. За результатами моделювання побудовано рисунок показників тиску робочих газів в перерізі, що розташований у центральній площині повітропроводів та газорозподільних камер (рис. 6). Спостерігався значний перепад тиску (200 Па) в середині газорозподільних камер: зони підвищеного тиску – навпроти входів повітропроводів, найнижчого – у центральній частині.

Це стало причиною значної різниці у швидкості відпрацьованих робочих газів у відповідних коробах (рис. 7). Фактичні показники середньої швидкості відпрацьованих робочих газів зображені навпроти відповідного ряду. Найвищий тиск робочих газів був у газорозподільній камері третьої секції, у поєднанні з їхньою низькою швидкістю, у нижній частині виникали зони зворотних потоків, що є причиною низької швидкості у відповідних коробах нижнього ряду цієї секції. Поєднання високої швидкості та тиску робочих газів у верхній частині газорозподільної камери стало причиною різкого збільшення швидкості у верхньому ряду відповідних коробів першої секції. На рисунку 7 спостерігається зона червоного кольору у кожному коробі цього ряду, фактично середня, визначена анемометром, швидкість робочих газів становить 4,2 м/с, що підтверджує результати симуляції SOLIDWORKS Flow. Зниження середньої, що виміряна, до 2,5 м/с у другій секції є наслідком утворення зони низького тиску в газорозподільній камері (рис. 6). Найнижча виміряна швидкість (1,7 м/с) була в шостій секції зони постійної швидкості вологовіддачі «відлежування», що є додатковим підтвердженням результатів симуляції. На рисунку 7 видно,

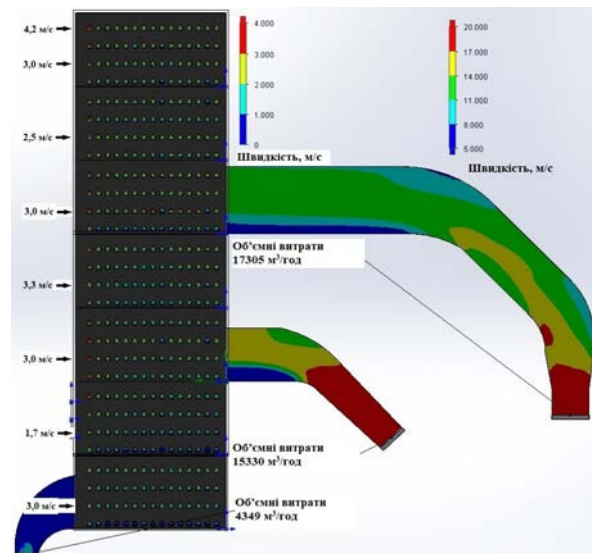


Рис. 7. Розподіл швидкості робочих газів в повітропроводах та газорозподільних камерах за сушіння цілого насіння сої

що переважна більшість коробів у шостій секції забарвлені у синій та блакитний колір, що відповідає швидкості робочих газів від 0 до 2 м/с.

За сушіння дробленого насіння сої у всій зерносушарці відбулося падіння фактичної швидкості відпрацьованих робочих газів найбільше (40%) у п'ятій секції з 3 до 1,8 м/с. Зменшення загальних витрат робочих газів призвело до більш рівномірного їхнього розподілу в першій зоні: 2,2–2,3 м/с. Як і за сушіння цілого насіння сої, спостерігалось збільшення швидкості у верхньому ряду першої секції. Одним з негативних явищ сушіння дробленого насіння, є видалення легкої фракції з відпрацьованими робочими газами. Нижча їхня швидкість за сушіння дробленого насіння частково компенсує цей недолік. Внаслідок пересушування оболонок відбувається їх відокремлення від насіння сої, тому найбільші аспіраційні виноси відбуваються у нижніх секціях зерносушарки, що мають низьку швидкість робочих газів 1,5–1,8 м/с.

Зона охолодження знаходиться найнижче, тому площа розлітання оболонок незначна, і більша частина їх легко збирається. В момент відкриття розвантажувального механізму відбувається розрідження зернового шару та підвищення швидкості робочих газів, що є причиною збільшення викидів.

Можливість їх збирання передбачена в проекті модернізованої зерносушарки ДСП-32*2М [6], що містить осаджувальні камери та жалюзійні фільтри та модернізованій зерносушарці BRICE-BAKER SCN-18/48 [11], що має систему пневматичного закриття вентилятора рекуперації в момент відкриття розвантажувального механізму та систему очищення відпрацьованих робочих газів у циклофенах.

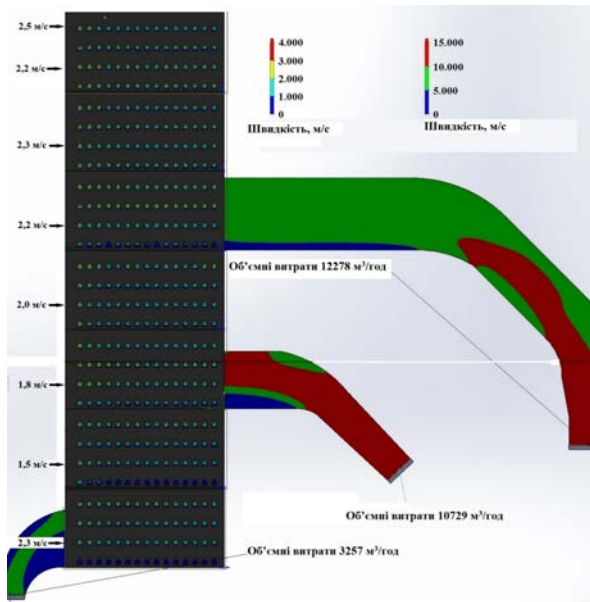


Рис. 8. Розподіл швидкості робочих газів в повітропроводах та газорозподільних камерах за сушіння дробленого насіння сої

Особливістю сушіння насіння сої до вологості (7–8%) нижче критичної є висока температура (t) відпрацьованих робочих газів 30–54 °C (табл. 1) та їх низька відносна вологість (ϕ) 50–12%, що відповідає досить низькому вологовмісту: 10–28 г/кг, та передбачає доцільність повторного використання робочих газів (рекуперацію). Застосування рекуперації в зерносушарках ДСП-32*2М [6] та BRICE-BAKER SCN-18/48 [11] дозволило скоротити витрати енергоресурсів.

Відносна вологість відпрацьованих робочих газів зони «відлежування» в обох досліджах була досить низькою 17 та 22%, тому необхідно зменшити об'єм робочих газів додатковим ущільненням підвідних коробів. Витрати робочих газів повинні забезпечувати їхню відносну вологість на рівні 80–90%, що запобігає утворенню конденсату.

Об'єм (V) відпрацьованих робочих газів першої зони становить: $11189+932+11189=31702 \text{ м}^3/\text{год}$, що не значно відрізняється (+1%) від об'єму робочих газів, які нагнітаються – 31385. Попередні дослідження довели скорочення витрат палива на 1 кг. випареної вологи у випадку зменшення об'єму робочих газів з номінальних 80000 м³/год для першої зони ДСП-320Т [1]. У другій зоні зміна об'єму робочих газів становить +2,2%, в зоні охолодження: -34%. Оскільки дана модель SOLIDWORKS Flow Simulation не враховує ізобарних змін об'єму робочих газів, тому отриману швидкість у відповідних коробах зони охолодження необхідно на третину знизити.

Різниця фактичних та змодельованих показників об'єму робочих газів заходила в межах від 4,2 до 9,8% (друга зона за сушіння дробленого насіння). З врахуванням вказаних поправок розроблену модель SOLIDWORKS можна використовувати з метою симуляції майбутніх реконструкцій зерносушарок типу ДСП.

Висновки. Комп'ютерна симуляція дозволила виявити окремі ряди відповідних коробів швидкості робочих газів у яких значно вища за середні показники.

Виявлена значна розбіжність у показниках швидкості робочих газів в межах однієї зони зерносушарки, що є наслідком несиметричного під'єднання повітропроводів.

Таблиця 1

Зведена таблиця розрахунку витрат робочих газів модернізованої зерносушарки ДСП-320Т

Зона	№ секції	Відпрацьовані робочі гази					$L, \text{ кг/год}$	Робочі гази					
		$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$v, \text{ м/с}$	$V, \text{ м}^3/\text{год}$	$v, \text{ м}^3/\text{кг}$		$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	$V, \text{ м}^3/\text{год}$	Фактичний $V, \text{ м}^3/\text{год}$	Змодельований $V, \text{ м}^3/\text{год}$
Ціле насіння сої													
Нагріву	1	43	23	3	11189	0,9326	10435	86	2	1,0509	10966	31385	34610
	2	44	24	2,5	9324	0,9374	8740				9185		
	3	52	12	3	11189	0,9554	10690				11234		
Сушіння	4	51	15	3,3	12308	0,9555	11760	77	3	1,0251	12055	29190	30660
	5	51	15	3	11189	0,9555	10691				10959		
Відлеж.	6	49	17	1,7	6340	0,9501	6024				6175		
Охолод.	7	34	81	3	11189	0,9281	10384	3	80	0,8029	8337	8337	8698
Дроблене насіння сої													
Нагріву	1	30	50	2,2	8205	0,8951	7344	67	5,1	0,9970	7322	23093	24556
	2	43	23	2,3	8578	0,9327	8000				7976		
	3	50	16	2,2	8205	0,9528	7818				7795		
Сушіння	4	52	14	2	7459	0,9582	7147	72	4,9	1,0146	7251	19357	21458
	5	53	14	1,8	6713	0,9620	6459				6553		
Відлеж.	6	54	22	1,5	5594	0,9781	5472				5552		
Охолод.	7	25	14	2,3	8578	0,8654	7423	4	80	0,8062	5984	5984	6514

Зменшення перерізу підвідних газорозподільчих коробів у зонах з високою швидкістю відпрацьованих робочих газів, дозволить її зменшити та знизити втрати маси продуктів дроблення насіння сої.

Література

- Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна. Одеса: Поліграф, 2009. 182 с.
- Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна вітчизняних зерносушарок зменшенням опору внутрішньокапілярної дифузії вологи. *Наукові праці ОНАХТ*, 2010. № 38, т. 1. С. 122–130.
- Копець К. Є. Розробка та обґрунтування параметрів пристрою підготовки зерен сої до сушіння: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11; Львів. нац. аграр. ун-т., 2016. 20 с.
- Піддубний В. А., Осокіна Н. М., Ткаченко Г. В. Визначення фізико-механічних властивостей насіння сої як сировини олійного виробництва. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2024. №2(56). С. 60–66. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.2.8>
- Піддубний В. А., Осокіна Н. М., Ткаченко Г. В. Оцінка фізико-механічних властивостей продуктів дроблення насіння сої олійного виробництва. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2024. № 2(113). С. 110–118. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2024-2-12>
- Спарена шахтна зерносушарка з одним топковим відділенням: пат. 139774 Україна, МПК F26B 17/00 / Марцун О.М., Осокіна Н.М., Скобленко В.П., Ярошенко В.В., Ткаченко Г.В. – № у 201905458; заявл. 21.05.2019; чинний з 27.01.2020, Бюл. № 2/2020
- Спосіб підготовки насіння сої дробленням для вилучення олії екструзією з наступним пресуванням: пат. 110506 Україна, МПК C11B 1/04 A23P 30/20 Марцун О.М., Осокіна Н.М., Янюк Т.В., Ярошенко В.В., Ткаченко Г.В. – № у 2016 04101; заявл. 14.04.2016 ; чинний з 10.10.2016, Бюл. № 19
- Спосіб підготовки насіння сої плющенням для вилучення олії екструзією з наступним пресуванням: пат. 110507 Україна, МПК C11B 1/04 A23P 30/20 / Марцун О.М., Осокіна Н.М., Янюк Т.В., Ярошенко В.В., Ткаченко Г.В. – № у 2016 04102; заявл. 14.04.2016 ; чинний з 10.10.2016, Бюл. № 19
- Цизь К.Є., Кірчук Р. В., Забродоцька Л.Ю. Визначення впливу деформації оболонки насіння сої на інтенсивність сушіння. *Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.* – №25. Луцьк: Ред.- вид. відділ Луцького НТУ. 2013. С. 160–165.
- Цизь К.Є., Кірчук Р.В. Дослідження процесу та пошук шляхів інтенсифікації сушіння насіння сої. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. № 42 (2). Кировоград: КНТУ. 2012. С. 75–78.
- Шахтна зерносушарка з повторним використанням робочих газів: пат. 139775 Україна, МПК F26B 17/00 / Марцун О.М., Осокіна Н.М., Улянич І.Ф., Ярошенко В.В., Ткаченко Г.В. – № у 201905463; заявл. 21.05.2019; чинний з 27.01.2020, Бюл. № 2/2020
- Matsson, J. (2023). An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2023. SDC publications. 381 p.

References

- Haponiuk I.I. (2009) *Udoskonalennia tekhnolohii sushinnia zerna* [Improvement of grain drying technology]. Odesa, «Polihraf», 182 p. [in Ukrainian].

2. Haponiuk I.I. (2010) *Udoskonalennia tekhnolohii sushinnia zerna vitchyzniannykh zernosusharok zmeshenniam oporu vnutrishnokapiliarnoi dyfuzii volohy*. [Improving the grain drying technology of domestic grain dryers by reducing the resistance of intracapillary moisture diffusion]. Scientific works of ONAKHT, Odesa, Issue 38, vol. 1, pp. 122–130. [in Ukrainian].

3. Kopets K. Ye. (2016) *Rozrobka ta obgruntuvannia parametriv prystroiu pidhotovky zeren soi do sushinnia*. [Development and substantiation of the parameters of the device for preparing soybeans for drying]. Extended abstract of candidate's thesis. Lviv: nats. ahrar. un-t. 20 p. [in Ukrainian].

4. Pidubny, V. A., Osokina, N. M., & Tkachenko, H. V. (2024). *Vyznachennia fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei nasinnia soi yak syrovyny oliinoho vyrobnytstva*. [Determination of physical and mechanical properties of soybean seeds as a raw material for oil production] Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes, (2 (56)), P. 60–66. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.2.8> [in Ukrainian].

5. Pidubny V., Osokina N., & Tkachenko H. (2024). *Otsinka fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei produktiv droblennia nasinnia soi oliinoho vyrobnytstva*. [Assessment of the physical and mechanical properties of the products of crushing soybean for oil production.] Vibrations in engineering and technology. Issue 2(113), P. 110–118. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2024-2-12> [in Ukrainian].

6. Martsun O.M., Osokina N.M., Skoblenko V.P., Yaroshenko V.V., & Tkachenko H.V. inventors. *Sparena shakhtna zernosusharka z odnym topkovym viddilenniam* [Paired mine grain dryer with one furnace compartment]. Ukrainian patent, no. 139774, 2020.

7. Martsun O.M., Osokina N.M., Yaniu T.V., Yaroshenko V.V., & Tkachenko H.V. inventors. *Sposib pidhotovky nasinnia soi droblenniam dlia vyluchennia olii ekstruziieiu z nastupnym presuvanniam* [Method of preparation of soybean seeds by crushing for extracting oil by extrusion followed by pressing]. Ukrainian patent, no. 110506, 2016.

8. Martsun O.M., Osokina N.M., Yaniu T.V., Yaroshenko V.V., & Tkachenko H.V. inventors. *Sposib pidhotovky nasinnia soi pliushchenniam dlia vyluchennia olii ekstruziieiu z nastupnym presuvanniam* [Method of preparation of soybean seeds by flattening for extracting oil by extrusion followed by pressing]. Ukrainian patent, no. 110507, 2016.

9. Tsyz K.Ie., Kirchuk R.V., & Zabrodotska L.Iu. (2013) *Vyznachennia vplyvu deformatsii obolonky nasynny soi na intensyvniat sushinnia* [Determining the effect of soybean seed coat deformation on drying intensity]: Agricultural machinery (Vol. 25) – Lutsk NTU. 160–165. [in Ukrainian].

10. Tsyz K.Ie., & Kirchuk R.V. (2012) *Doslidzhennia protsesu ta poshuk shliakhiv intensyfikatsii sushinnia nasinnia soi*. [Studying the process and finding ways to intensify the drying of soybean seeds.] Design, production and operation of agricultural machines (Vol. 42. 2) Kirovohrad: KNTU. 75–78. [in Ukrainian].

11. Martsun O.M., Osokina N.M., Ulianych I.F., Yaroshenko V.V., & Tkachenko H.V. inventors. *Shakhtna zernosusharka z povtornym vykorystanniam robochykh haziv* [Mine grain dryer with reuse of working gases]. Ukrainian patent, no. 139775, 2020.

12. Matsson J. (2023). An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2023. SDC publications. 381 p.

**Д. Б. Рахметов**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент Національної академії наук України,
завідувач відділу культурної флори,
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: rjb2000.16@gmail.com

К. В. Костецька

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com

**С. М. Ковтун-Водяницька**

кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник відділу культурної флори,
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: catta-s@ukr.net

С. О. Рахметова

молодший науковий співробітник відділу культурної флори,
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Національної академії наук України
(м. Київ, Україна)
E-mail: rjb2000.16@gmail.com

**О. В. Коломієць**

аспірант,
Уманський національний університет садівництва
(м. Умань, Україна)
E-mail: kolomiyets_aleksandr@ukr.net



ВИКОРИСТАННЯ МАКУХИ ГІРЧИЧНОЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА

Серед харчових продуктів для спеціального дієтичного споживання особливе місце посідає продукція, що розробляється з гарантованим внесенням із сировиною значної кількості поживних речовин: білка, жиру, безазотистих екстрактивних речовин. Продукти перероблення насіння гірчиці мають високу харчову і енергетичну цінність, що свідчить про можливість їхнього використання у виготовленні харчових продуктів. Метою дослідження було визначити властивості макухи гірчичної для обґрунтування складу борошняної сировини в рецептурі тістових пшеничних виробів. Вивчено різні види борошняної сировини з насіння олійної культури гірчиці та досліджено теоретичні й практичні аспекти для обґрунтування технології пшеничних виробів. Макуху гірчиці сушили, подрібнювали і додавали у різних співвідношеннях (3%, 5%, 10%, 15%) до рецептури тіста з борошна пшеничного вищого сорту. Додавання борошна з макухи гірчиці вплинуло на характеристики тіста шляхом збільшення вологості та розпливчастості, одночасно зменшився час формування тіста. Збільшення частки борошна гірчиці понад 15% від загального об'єму суміші борошна зумовить небажане сповільнення процесів бродіння. Введення до рецептурного складу звичайних пшеничних тістових виробів, борошна гірчичного

в кількості 10% є оптимальним, так як підвищить їхню біологічну цінність, збагативши поживними речовинами, при цьому суттєво не знизивши реологічні технологічні характеристики та кислотність. Варто зазначити, що реологічні показники експериментальних зразків з додаванням борошна гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) мали менше відхилення від контрольного варіанту, ніж у зразках із борошном гірчиці сарептської (*Brassica juncea* (L.) Czern.). Отже, дослідження властивостей макухи гірчичної шляхом додавання її у вигляді борошна до рецептури тістових пшеничних виробів є перспективним та потребує подальшого вивчення через оцінювання готових виробів.

Ключові слова: гірчиця, макуха, борошно пшеничне, рецептура, оцінювання тіста, якість.

D. B. Rakhmetov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Cultural Flora,
M.M. Gryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: rjb2000.16@gmail.com

K. V. Kostetska

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Food Technologies,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com

S. M. Kovtun-Vodyanytska

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
Department of Cultural Flora,
M.M. Gryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: catta-s@ukr.net

S. O. Rakhmetova

Junior Research Fellow,
Department of Cultural Flora,
M.M. Gryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: rjb2000.16@gmail.com

O. V. Kolomiets

Graduate Student,
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
E-mail: kolomiyets_aleksandr@ukr.net

USE OF MUSTARD OIL CAKE IN BREAD TECHNOLOGY

*Products, developed with guaranteed introduction of a significant amount of nutrients with raw materials: protein, fat, nitrogen-free extractive substances, occupy a special place among food products for special dietary consumption. Mustard from seed processing products have a high nutritional and energy value, which indicates the possibility of their use in the manufacture of food products. The purpose of the research was to determine the properties of mustard seed meal to substantiate the composition of flour raw materials in the recipe of dough wheat products. Different types of flour raw materials from seeds of the oil crop mustard were studied, as well as theoretical and practical aspects for substantiating the technology of wheat products. The mustard oil cake was dried, crushed and added in different ratios (3%, 5%, 10%, 15%) to the recipe of dough made from wheat flour of the highest grade. The addition of mustard oil cake flour affected the dough characteristics by increasing the moisture content and fuzziness, while decreasing the dough forming time. An increase in the proportion of mustard flour by more than 15% of the total volume of the flour mixture will lead to an undesirable slowing down of fermentation processes. The introduction of mustard flour in the amount of 10% to the recipe composition of ordinary wheat dough products is optimal, as it increases their biological value by enriching with nutrients, while not significantly disturbing the rheological technological characteristics and acidity. It is worth noting that the rheological parameters of the experimental samples with the addition of white mustard flour (*Sinapis alba* L.) have fewer deviations from the control variant than in the samples made of Sarepta mustard flour (*Brassica juncea* (L.) Czern.). Therefore, the study of the properties of mustard oil cake by adding it in the form of flour to the recipe of wheat dough products is promising and needs further study through evaluation of finished products.*

Key words: mustard, oil cake, wheat flour, recipe, evaluation of dough, quality.

Постановка проблеми. Харчова промисловість і сучасні дослідницькі тенденції спрямовані на впровадження концепції безвідходності. Промисловість у першу чергу зосереджена на утилізації побічних продуктів виробництва харчових продуктів рослинного походження, однак, такі побічні продукти також є перспективним джерелом сполук з поживними або технологічними властивостями, і наразі вони досліджуються як потенційні джерела функціональних сполук [1]. Значна кількість досліджень у цій галузі підкреслює, що рослинні залишки, мають величезний потенціал для повторного використання в різних харчових продуктах [2]. Відходи можуть бути перероблені або повторно використані в інших галузях. Наприклад, харчові відходи, які утворюються в процесі виробництва, можна перетворити на корм для тварин [3].

Складовою щоденного раціону харчування людини є борошняні вироби. Тому надання їм властивостей оздоровчого продукту є важливою проблемою сьогодення, адже вироби з борошна пшеничного за хімічним складом недостатньо збалансовані за життєво важливими інгредієнтами.

Для підвищення корисності зерноборошняних виробів, посилення оздоровчих властивостей доцільно вводити до їх рецептури сировину, що містить фізіологічно-функціональні інгредієнти. Такою сировиною може бути насіння гірчиці та продукти його перероблення, зокрема, макуха.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Гірчиця належить до родини капустяних (*Brassicaceae*). У світі налічують до 10 видів та біля 40 різновидів гірчиць [4]. Нині

спостерігається зростання частки насіння гірчиці в структурі виробництва олійної сировини. При цьому підвищується культивування сортів, які не містять у своєму складі ерукової кислоти. Україна виробляє 3–4% світового обсягу насіння гірчиці, що робить її важливим учасником ринку [5].

У насінні гірчиці міститься до 50% олії, яка має високі смакові властивості та застосовується у кулінарії, хлібопекарській, кондитерській, консервній промисловості [6].

Класичною технологією перероблення насіння гірчиці є пресування. Залежно від вимог, яким має відповідати кінцевий продукт, процес проводять за трьома температурними режимами: до 60 °C (медичний), до 80 °C (харчовий) та до 120 °C (кормовий) [7, 8].

Олія гірчична характеризується найнижчим кислотним показником, завдяки цьому вона значно довше зберігає свої властивості порівняно з іншими рослинними оліями. Олія гірчична належить до слабковисихаючих [9]. Термін зберігання гірчичної олії перевищує вісім місяців, що вдвічі довше, ніж термін зберігання інших олій, включаючи соняшникову. Олію після вижимки з насіння гірчиці очищують шляхом відстоювання або фільтрації (фізична рафінація). У результаті утворюються фільтр-пресові та бакові осадки. Вони в основному складаються з олії та дрібнодисперсного гірчичного жому (порошку) [8].

Вміст ядра в гірчиці становить 88–93%, тоді як оболонка становить 7–12% [9]. В ядрі насіння гірчиці міститься: 20,4–29,8% білка; 16,4–49,1% олії; 16,7–29,9% безазотистих екстрактивних речовин (БЕР); 22,3–25,0% вуглеводів, із яких 8,0–15,0% моносахаридів і дисахаридів, 10,1–14,2% полісахаридів; 10,3–11,2% клітковини; 2,5–3,0% фітинової кислоти та її солей; 1,66–2,07% фосфору (у розрахунок на P_2O_5), із них 0,3–0,5% фосфоліпідів; 1,15–6,7% тіоглікозиду (синігрину), з них 0,3–1,7% алілізотіоціанату [10].

Функціональні властивості гірчичного порошку полягають у здатності зберігати вологу, утримувати жири, здатності до емульгування, зв'язувати жири і воду. Таким чином, при переробленні насіння гірчиці, крім основного продукту такого як олія, утворюються відходи, які становлять значний інтерес для виробників. Продукти перероблення насіння гірчиці мають високу харчову та енергетичну цінність, що свідчить про можливість їхнього використання у виготовленні харчових продуктів. Це обумовлено вмістом значної кількості поживних речовин: білка, жиру, БЕР [11–13].

Зростання попиту на насіння гірчиці також пов'язане з епідемією коронавірусної хвороби. Медичною наукою спільнотою було доведено позитивний вплив продуктів перероблення гірчиці на здоров'я людини завдяки блокуванню росту мікроорганізмів та загальним дезінфекційним властивостям [14]. Компанія McCormick & Company (США) оцінила зростання продажу гірчичної сировини у 2021 році на 26% [15].

У виробництві харчових продуктів для збагачення фізіологічно-функціональними інгредієнтами гірчиці найчастіше використовують її олію і у малій кількості вторинні продукти перероблення гірчиці. Основна маса макухи та шроту насіння гірчиці використовується на корм тваринам.

Метою статті є вивчення питання щодо можливості формування якості пшеничних тістових виробів з додаванням борошна гірчиці білої та сарептської.

Методика дослідження. Насіння гірчиці сарептської (*Brassica juncea* (L.) Czern.), що є видом роду Капуста (*Brassica*) та гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) – вид роду Гірчиця (*Sinapis* L.) інтродуковане на базі Національного ботанічного саду ім. Гришка НАН України, а зерно пшениці вирощене в Південному Лісостепі України.

Борошно пшеничне вищого сорту було надано місцевим виробником. Борошно пшеничне вищого сорту є універсальним борошном, що можна використовувати для виготовлення різноманітних тістових виробів, в тому числі для хліба. Крім цього, борошно пшеничне має більшу кількість білка, необхідного для формування якісної клейковини, а також має високу кількість сирі клейковини (кількість клейковини, що залишається після відмивання тіста водою для видалення крохмалю, водорозчинних пентозанів і білків) – 28,0%, що забезпечує еластичне тісто. Рецептні компоненти для хлібних виробів – сіль кухонна, цукор-пісок, дріжджі сухі – купували у місцевому супермаркеті. Водопровідну воду, що використовували, отримували від міської водопровідної системи. Макуху з гірчиці сарептської використовували після інактивації ферментів.

Борошно гірчиці виготовляли шляхом подрібнення макухи (знежирене насіння), що залишалася після вилучення олії з насіння гірчиці білої та сарептської методом холодного пресування (за температури до 40 °C) [7]. Для приготування борошна макуху подрібнювали у лабораторному млинку до розміру частинок 30–40 мкм і перемішували для взяття рецептурної наважки.

Для приготування тіста брали борошно пшеничне 70% виходу вищого сорту (за вологості 14%) та борошно гірчиці у кількості 3, 5, 10 та 15%, а також: сіль кухонну, дріжджі пресовані, цукор-пісок, олію з насіння гірчиці – по 1,5% кожного від маси суміші борошна пшеничного та борошна гірчиці, воду питну – згідно водопоглинальної здатності борошна, що за показником фаринографа відповідає консистенції тіста 500 од. ф. або 50–55%. Після приготування тіста його піддавали бродінню – ставили у термостат на 150–180 хв за температури 28–32 °C, потім тісто обминали, формували, уміщували у форму та знову ставили у термостат. Контролем був варіант без додавання борошна гірчиці.

Дослідження проведено на базі кафедри харчових технологій Уманського НУС. Показники технологічного процесу, якість тістових і готових виробів оцінювали за стандартними методами [16].

Кодування дослідних зразків наведено в таблиці 1.

Основні результати дослідження. Після приготування тіста відповідно до рецептурного складу з різним співвідношенням гірчиного і пшеничного борошна (табл. 1) його ставили на бродіння протягом 180 хв., при цьому для контролю бродильних процесів визначали кислотність в градусах на початку і на закінченні визначеного періоду часу. У зв'язку з тим, що нами замінено від 3 до 15% пшеничного борошна на гірчичне необхідно було порівняти активність бродіння у тісті. Кислотність у тісті формується завдяки розмноженню дріжджової мікрофлори. Кислотність тіста, виготовленого з борошна пшеничного вищого сорту, становила 3,2°. Результати досліджень наведено на рис. 1.

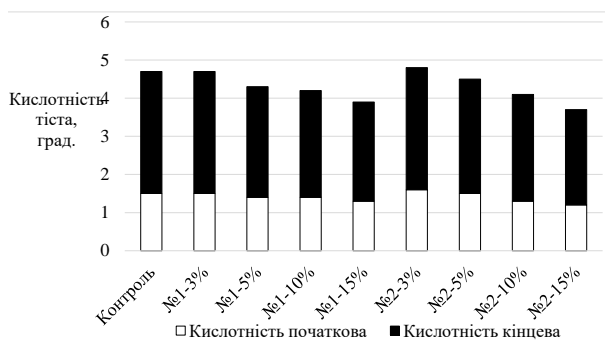


Рис. 1. Кислотність експериментальних зразків тіста на початку та після 180 хв. бродіння

З даних рис. 1 спостерігаються два загальні процеси: перший – поступове наростання градуса кислотності у всіх експериментальних зразках тіста, що вказує на активність дріжджів;

Таблиця 1

Кодування експериментальних зразків

Експериментальний зразок	Борошно пшеничне	Борошно з макухи гірчиці білої	Борошно з макухи гірчиці сарептської
Контроль	100	-	-
№ 1-	3%	97	3
	5%	95	5
	10%	90	10
	15%	85	15
№ 2-	3%	97	3
	5%	95	5
	10%	90	10
	15%	85	15

другий – по мірі збільшення кількісного вмісту борошна гірчиного, процеси наростання градуса кислотності у тісті поступово знижуються, порівнюючи з контрольним зразком тіста, у якому використано лише борошно пшеничне.

Зокрема, достовірний процес зниження бродіння у тісті відмічено за кількості борошна гірчиного 15% (експериментальні зразки № 1-15% та № 2-15%) від загального вмісту борошна. При цьому кислотність у даних зразках становила

2,6 град, що на 0,6 град менше, проти контрольного варіанту тіста.

Зниження величини кислотності свідчить про слабку інтенсивність бродіння та про те, що у готових виробів збільшується ймовірність розвитку спорової мікрофлори, яка є збудником картопляної хвороби хліба. Однак, можна очікувати блокування росту мікроорганізмів враховуючи дезінфекційні властивості [14] насіння гірчиці.

Отже, дослідження свідчать, що збільшення частки борошна гірчиці понад 15% від загального об'єму суміші борошна зумовить небажане сповільнення процесів бродіння.

За питомим об'ємом тіста під час його бродіння можна говорити про загальний об'єм готових виробів. Зменшення питомого об'єму призведе до меншого розміру готового виробу. Тому нами було визначено динаміку зміни об'єму контрольного і експериментальних зразків тіста у циліндрі за температури 30 ± 2 °C на початку у вкінці (180 хв) бродіння тіста.

Результати досліджень наведено на рис. 2.

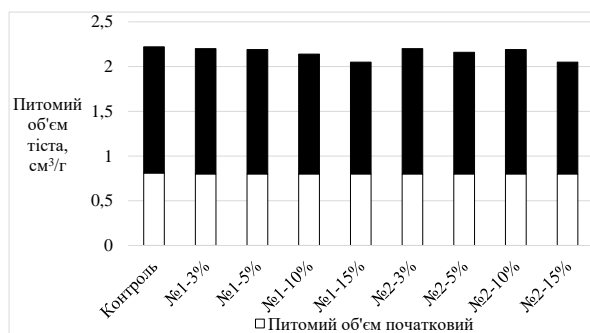


Рис. 2. Питомий об'єм експериментальних зразків тіста на початку та після 180 хв. бродіння

З аналізу даних, які наведено на рис. 2 видно залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого борошна гірчиного, порівняно з контрольним зразком. Особливо зменшення питомого об'єму відмічалось при збільшенні борошна до 15% від загального об'єму. Так, у експериментальних зразках № 1-15% та 2-15% питомий об'єм становив 1,25 см³/г, що на 0,16 см³/г менше (11%), ніж у контролі.

Отже, отримані експериментальні дані засвідчують, що величина питомого об'єму експериментальних зразків тіста залежала від доданого вмісту борошна гірчиного. Заміна понад 15% борошна пшеничного на гірчичне буде зменшувати на понад 11% об'єму тіста, що необхідно враховувати при обґрунтуванні та виборі оптимальної рецептурної кількості борошна в готовому виробі.

Ще один показник, який характеризує структурно-механічні властивості тіста є формостійкість – це величина розпливання кульки тіста протягом певного часу. З формостійкості тіста пов'язують форму та об'єм готових виробів. Результати дослідження з визначення величини розпливання кульки тіста наведено на рис. 3.

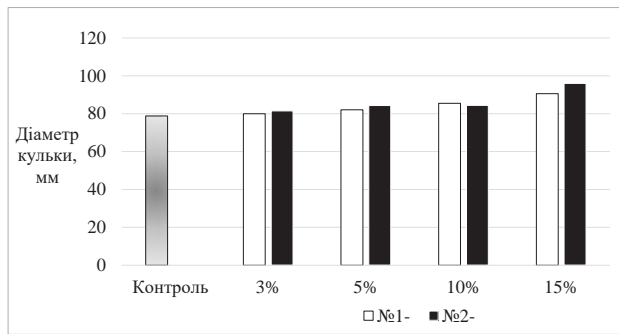


Рис. 3. Величина розпливання кульки тіста у експериментальних зразках

З отриманих даних (рис. 3) видно, що кулька тіста розпливається більше у експериментальних зразках із зростанням концентрації борошна гірчичного у тісті. Це відбувається за рахунок зниження в'язкості та послаблення клітковини тіста, що в кінцевому варіанті призводить до формування меншого показника щодо відношення висоти тіста до його діаметра в технології подового хліба. Так, у тісті виготовленому тільки з борошна пшеничного діаметр кульки становив 78,8 мм, що відповідно до методики (визначення групи якості) характеризує його, як сильне борошно. Водночас, у тісті з вмістом 15% борошна гірчичного – зразки № 1-15% та № 2-15% величина діаметра кульки збільшувалася на 13 та 18% відповідно, проти контрольного зразка. За характеристикою таке тісто відноситься до середнього за силою (гранична межа – до 97 мм).

З отриманих даних можна відмітити наступне, що додавання в рецептуру борошняних пшеничних виробів борошна гірчиці, яке виготовлене із макухи під час виробництва олії холодним віджимом, сприяє збільшенню діаметра кульки тіста, особливо дана величина зростає за вмісту борошна гірчиці 15% і більше від загального об'єму суміші.

Висновок. Отже, введення в рецептурний склад звичайних пшеничних тістових виробів борошна гірчичного в кількості 10% є оптимальним, так як підвищить біологічну цінність пшеничних виробів, збагативши поживними речовинами, при цьому суттєво не знизивши реологічні технологічні характеристики тіста. Вироблення пшеничних борошняних виробів з гірчицею білою та сарептської збагатить асортимент зерноборошняних виробів та дасть можливість значно розширити коло їхніх споживачів. Використання макухи гірчичної шляхом додавання її у вигляді борошна до рецептури тістових пшеничних виробів є перспективним і потребує подальшого вивчення через оцінювання готових виробів.

Література

1. Dey D., Richter J.K., Ek P., Gu B.J., Ganjyal G.M. Utilization of Food Processing By-products in Extrusion Processing: A Review. *Front Sustain Food Syst.* 2021. Jan 26; 4.

2. Zarzycki P., Wirkijowska A., Nawrocka A., Kozłowicz K., Krajewska M., Kłosok K., Krawęcka A. Effect of Moldavian dragonhead seed residue on the baking properties of wheat flour and bread quality. *LWT.* 2022. Feb 1;155:112967.

3. Tiwari A., Khawas R. Food Waste and Agro By-Products: A Step towards Food Sustainability. In: *Innovation in the Food Sector Through the Valorization of Food and Agro-Food By-Products.* IntechOpen; 2021.

4. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/mustard%20seed>

5. Siavash B., Karaptianand J., Zare S. Studying on lipid content and fatty acids in some varieties of colza (*Brassica napus*). *J. Pajuhesh & Sazandegi,* 2005. No. 67. P. 95–101.

6. Литвин С. Г. Олійні культури на Україні. Київ: Наукова думка, 1961. 50 с.

7. Рожкован В., Чехов С., Буділка Г. Сарептська озима гірчиця – нова перспективна культура. *Пропозиція.* 2006. № 7. С. 58–60.

8. Рахметов Д.Б., Костецька К. В., Ковтун-Водяницька С. М., Рахметова С.О. Використання борошна та олії рижю посівного для збагачення хліба пшеничного: матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції»; 7 листопада 2023 р., м. Київ, 2023. С. 91–93.

9. Байдала В. В., Мірзоева Т. В., Мірзоев Т. Д. Господарська цінність технічних нішевих культур і перспективи розвитку їхнього виробництва. *Економіка і управління бізнесом,* 14(1). 2023 5. С. 23.

10. Архипенко Ф.М., Слюсар С.М., Оксимець О.Л. Гірчиця біла – культура широкого діапазону використання. *Агроном,* 2006. № 3. С. 26–28.

11. Жуйков О. Г. Ринок гірчиці в Україні: стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник: зб. наук. пр.,* 2014. Вип. 87. С. 39–47.

12. Кирилюк В. П., Кричківський В. М., Ковальчук Н. В. Адаптивна система основного обробітку ґрунту під гірчицю білу (*Sinapis alba*). *Зернові культури.* Т. 5. № 1. 2021. С. 125–131.

13. ДСТУ 1052:2005. Гірчиця харчова. Загальні технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006, 16 с.

14. Mustard production. Govt targets 17 million tonnes mustard production by 2025-26. 2021. URL: <https://www.thehindubusinessline.com/economy/agri-business/govt-targets-17-million-tonnes-mustard-production-by-2025-26/article34392637.ece>

15. Mustard Seed Crop Outlook Deteriorates in Top Exporter Canada. 2022. URL: <https://gro-intelligence.com/insights/mustard-seed-crop-outlook-deteriorates-in-top-exporter-canada>

16. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва : навч. посіб. [Текст] / [В. І. Дробот, Л. Ю. Арсенєва, О. А. Білик та ін.]; за ред. В. І. Дробот. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.

References

1. Dey, D., Richter, J.K., Ek, P., Gu, B.J., Ganjyal, G.M. (2021). Utilization of Food Processing By-products in Extrusion Processing: A Review. *Front Sustain Food Syst.* Jan 26; 4.
2. Zarzycki, P., Wirkijowska, A., Nawrocka, A., Kozłowicz, K., Krajewska, M., Kłosok, K., Krawęcka, A. (2022). Effect of Moldavian dragonhead seed residue on the baking properties of wheat flour and bread quality. *LWT.* Feb 1;155:112967.
3. Tiwari, A., Khawas, R. (2021). Food Waste and Agro By-Products: A Step towards Food Sustainability. In: Innovation in the Food Sector Through the Valorization of Food and Agro-Food By-Products. IntechOpen.
4. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/mustard%20seed>
5. Siavash, B., Karaptianand, J., Zare, S. (2005). Studying on lipid content and fatty acids in some varieties of colza (Brassica napus). *J. Pajuhesh & Sazandegi.* No. 67. P. 95–101.
6. Lytvyn, S. H. (1961). Oliini kultury na Ukraini. [Oil crops in Ukraine]. Kyiv: Scientific opinion, 50 s. [in Ukrainian].
7. Rozhkovan, V., Chekhov, S., Budilka, H. (2006). Sareptska ozyma hirchytsia – nova perspektyvna kultura. [Sarepta winter mustard is a promising new crop]. *Proposition.* No. 7. S. 58–60 [in Ukrainian].
8. Rakhmetov, D.B., Kostetska, K.V., Kovtun-Vodianytska, S.M., Rakhmetova, S.O. (2023). Vykorystannia boroshna ta olii ryzhiiu posivnoho dlia zbahachennia khliba pshenychnoho. [Use of rye flour and oil for enrichment of wheat bread]: materials of the XII international scientific and technical conference «Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti Yevrointehratsii»; 2023.11.07, Kyiv. S. 91–93 [in Ukrainian].
9. Baidala, V.V., Mirzoieva, T.V., Mirzoiev, T.D. (2023). Hospodarska tsinnist tekhnichnykh nishevnykh kultur i perspektyvy rozvytku yikhnoho vyrobnytstva. [Economic value of technical niche cultures and prospects for the development of their production]. *Economics and business management*, 14(1). 5. S. 23 [in Ukrainian].
10. Arkhypenko, F.M., Sliusar, S.M., Oksymets, O.L. (2006). Hirchytsia bila – kultura shyrokooho diapazonu vykorystannia. [White mustard is a culture of a wide range of uses]. *Agronomist.* No. 3. S. 26–28 [in Ukrainian].
11. Zhuikov, O.H. (2014). Rynok hirchytsi v Ukraini: stan, problemy, perspektyvy. [Mustard market in Ukraine: state, problems, prospects]. *Taurian Scientific Bulletin: coll. of scient. papers.* Vol. 87. S. 39–47 [in Ukrainian].
12. Kyryliuk, V.P., Krychkiivskiy, V.M., Kovalchuk, N.V. (2021). Adaptivna systema osnovnoho obrobittu gruntu pid hirchytsiu bilu (*Sinapis alba*). [Adaptive system of basic tillage for white mustard (*Sinapis alba*)]. *Cereal crops*, (5). No. 1. S. 125–131 [in Ukrainian].
13. State Standard 1052:2005. (2006). Hirchytsia kharchova. [Edible mustard]. Standartinform Publ., [Effective from 2006-07-01]. Kyiv, 16 s. [in Ukrainian].
14. Mustard production. Govt targets 17 million tonnes mustard production by 2025-26. (2021). URL: <https://www.thehindubusinessline.com/economy/agri-business/govt-targets-17-million-tonnes-mustard-production-by-2025-26/article34392637.ece>
15. Mustard Seed Crop Outlook Deteriorates in Top Exporter Canada. (2022). URL: <https://gro-intelligence.com/insights/mustard-seed-crop-outlook-deteriorates-in-top-exporter-canada>
16. Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstva. [Laboratory workshop on the technology of bakery and pasta production]: study textbook [text] / [V.I., Drobot, L.Iu., Arsenieva, O.A., Bilyk etc.]; for the editors V.I., Drobot. Kyiv: Center for educational literature (2006), 341 s. [in Ukrainian].

ВІСНИК

Уманського національного університету садівництва

Випуск 2

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Марина Сергіївна Михальченко

Формат 60×84/8. Гарнітура Verdana.
Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 13,25. Замов. № 1124/775. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
вул. Інглєзі, 6/1, м. Одеса, 65101
Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.