

ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГРЕЧКИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Мащенко Олександр Анатолійович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID ID: 0009-0009-2721-6200

andb201727@ukr.net

Через зміну клімату більше 80% видів рослин можуть зазнати змін щодо різноманітності, поточного поширення та потенційного середовища існування. Останніми роками переглядаються основні принципи ведення сільського господарства. Посилена увага до розробки наукових основ стійкого відновлюваного агротехнологічного збалансованого землеробства. Для вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними білками значна роль, без сумніву, відводиться круп'яним культурам, а особливо гречці. На сьогоднішній день гречка є не тільки звичайною культурою, але й символом здорового життя завдяки своїм багатим поживним і фармакологічним властивостям. Висока поживна цінність гречки визначається складом її білкового комплексу: білок гречки є високо засвоюваним (майже 60-70%), багатий такими важливими амінокислотами, як лізин, триптофан, аргінін, а також гістидин – необхідний для дитячого харчування.

Отримання повноцінного урожаю гречки можливе лише при науковому обґрунтуванні застосування агротехнічних заходів, розроблених в конкретних агрокліматичних умовах. Через подальші зміни клімату та зниження рівня вологозабезпеченості в критичні періоди розвитку культур, необхідно шукати нові шляхи підвищення врожайності за відповідних умов, що склалися. Вирощування гречки має численні переваги для стійкості сільського господарства порівняно з іншими зерновими культурами, оскільки воно потребує низьких затрат і добре адаптоване до несприятливих умов.

Нові підходи, безумовно, можуть бути корисними для виробництва гречки, однак, необхідні подальші дослідження для розробки нових сортів із бажаними характеристиками та без негативного впливу на інші продуктивні властивості. Важливим етапом перспективних досліджень визначено встановити агробіологічні особливості росту та розвитку рослин сортів гречки різного морфотипу в залежності від взаємодії досліджуваних елементів технології вирощування. Це сприятиме росту кількісних і якісних показників урожайності, валовому збору зерна та підвищенню стійкості землеробства.

Ключові слова: клімат, сортова агротехніка, продовольча безпека, системи землеробства, урожайність, адаптивність.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.15>

Вступ. Клімат є основним фактором, що визначає розподіл рослин, а зміна розподілу видів рослин є прямим відображенням зміни клімату. Відповідно до звіту міжурядової групи експертів про оцінку зміни клімату, середньорічна температура поверхні світу підвищиться на 0,3–4,8 °C до кінця 21 століття (Mikami et al., 2018; Farzana et al., 2021; Diowksz & Sadowska, 2021). Через зміну клімату більше 80% видів можуть зазнати змін щодо різноманітності, поточного поширення та потенційного середовища існування (Yao et al., 2023). Отже, для збереження видів рослин корисно передбачити потенційно придатні території щодо ведення сільського господарства в умовах майбутніх змін клімату (Arendt, 2022; Yao et al., 2023).

Продовольча безпека та зміна клімату є основними проблемами для сільського господарства в країнах, що розвиваються (Babu et al., 2018; Aguiar et al., 2021). Продовольча безпека та збереження біорізноманіття тісно пов'язані з досягненням стійких продовольчих систем у великих масштабах (Zhang et al., 2007; Björkman & Shail, 2013; Sakač et al., 2016). Урожайність сільськогосподарських культур є важливим фактором для оцінки стійкості. Індекс сталої врожайності був запропонований як індикатор для оцінки стійкості сільськогосподарської врожайності (Ninomiya et al., 2018), де високі значення

адаптивності та низькі значення стандартного відхилення вказують на вищу стійкість до несприятливих умов (Coțovanu & Mironeasa, 2021). Багато досліджень показали, що адаптивність на селекційному рівні є важливим показником продуктивності (Qin et al., 2010; Kalinová et al., 2005; Bielski et al., 2022).

Сортовий потенціал. Проблеми селекції на сучасному етапі набули особливої актуальності. Це в першу чергу викликано підвищеними вимогами виробництва до біологічних засобів виробництва – сортів і гібридів. Задовольнити ці запити можливо тільки завдяки розробці нових наукових підходів до використання накопичених біологією й агрономічними науковими дисциплінами знань, а також сучасних технічних засобів і технологій (Hussain & Kaul, 2018; Arriani et al., 2021).

Селекція на сучасному етапі повинна бути орієнтована на конкретні екологічні і виробничі ситуації, а технології – на керування екологічною системою поля, тобто максимально орієнтовані на біологічні особливості конкретної культури і конкретного сорту, гібрида. В зв'язку з цим робота по селекції повинна спрямовуватись на створення високопродуктивних сортів з високими технологічними якістьми зерна (Selimović et al., 2017; Iqbal et al., 2021).

Очікується, що в майбутньому попит на продовольство продовжуватиме зростати зі зростанням населення та погіршенням якості оброблюваних земель. Таким чином, існує нагальна потреба вирішити неминучий компроміс між населенням, продовольством і обробленими землями. Пом'якшення цих наслідків залежатиме від розуміння потенційних середовищ існування гречки з використанням прогнозів зміни клімату (Wu et al., 2018; Arriani et al., 2021; Sinkovič et al., 2022).

Для вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними білками значна роль, без сумніву, відводиться круп'яним культурам, а особливо гречці. На сьогоднішній день гречка є не тільки звичайною культурою, але й символом здорового життя завдяки своїм багатим поживним і фармакологічним властивостям. Висока поживна цінність гречки визначається складом її білкового комплексу: білок гречки є високо засвоюваним (майже 60-70%), багатий такими важливими амінокислотами, як лізин, триптофан, аргінін, а також гістидін – необхідний для дитячого харчування (Bilgiçli & İbanoğlu, 2015; Deng et al., 2019; Domingos & Bilsborrow, 2021).

Збільшення різноманітності систем землеробства може сприяти стійкості сільського господарства. Однак виявлення придатних альтернативних культур для регіональних умов вирощування, ланцюгів постачання та ринків є складним завданням. Виробництво гречки у США є скромним у світовому масштабі (Luthar et al., 2020), але багатообіцяючим як літня культура для придушення бур'янів в органічних системах і короткосезонна альтернатива зерновим культурам (Gallo & Montesano, 2023).

Споживання органічної продукції, особливо продуктів, які вимагають борошна з зерен і псевдозлаків, таких як хліб, макарони та закуски, різко зросло і, як очікується, продовжуватиметься (Błaszczak et al., 2013; Domańska & Leszczyńska, 2021). Однак останні дослідження також показали, що люди, які дотримуються дієти, можуть страждати від дефіциту поживних речовин, таких як вітамін В і клітковина (Antoniewska et al., 2018). Дослідники припускають, що цей дефіцит поживних речовин може бути наслідком того, що багато заміників інгредієнтів не збагачені вітамінами та мінералами або в основному складаються з крохмалю (Gao et al., 2021; Wang et al., 2022). Таким чином, розробники продуктів органічного походження все більше цікавляться гречкою як багатим джерелом білка, харчових волокон і антиоксидантів (Satoh et al., 2020; Di Cairano et al., 2022).

Крім того, гречка є перспективною для використання у продуктах функціонального харчування. Функціональні харчові продукти є сирими або обробленими і можуть забезпечити позитивний вплив на здоров'я, крім тих, що забезпечуються основним харчуванням, якщо споживати регулярно (Singh et al., 2020; Dzakhmishva & Khokonova, 2021). Гречка була протестована в різних функціональних харчових продуктах завдяки своєму поживному складу та біоактивним сполукам (Alenius et al., 2013; Aubert & Quinet, 2022). Це може бути вигідною маркетинговою можливістю для виробництва, які мають доступ до продавців здорової їжі та натуральних бакалій-

них магазинів. Продукція з гречки також спрямовується на ринок безглютенової сировини. Для вирішення проблеми забезпечення населення повноцінними білками значна роль, без сумніву, відводиться круп'яним культурам, а особливо гречці. Висока поживна цінність гречки визначається складом її білкового комплексу: білок гречки є високо засвоюваним (майже 60-70%), багатий такими важливими амінокислотами, як лізин, триптофан, аргінін, а також гістидін – необхідний для дитячого харчування (Wang et al., 2004; Sun et al., 2020; Du et al., 2022).

Сорти гречки, які використовувалися протягом останніх 15 років, мають вегетаційний період від 85 до 110 днів. Насіння проростає у вологому ґрунті при температурі +7-8°C. Оптимальна вологість ґрунту для гречки знаходиться на рівні 70-75% загальної польової вологості (Norbäck & Wieslander, 2021).

Останніми роками переглядаються основні принципи ведення сільського господарства. Посилилась увага до розробки наукових основ стійкого відновлюваного агротехнологічного збалансованого землеробства (Jaroszweska et al., 2019; Sturza et al., 2020).

Актуальними є альтернативні методи ведення сільського господарства, зокрема, підвищення рівня продуктивності посівів сільськогосподарських культур за рахунок оптимізації в технології їх вирощування елементів сортової агротехніки: строків та способів сівби тощо. Відповідно, розробка шляхів створення оптимальних умов для отримання максимально можливого рівня урожайності посівів гречки, зокрема, удосконалення існуючих технологій вирощування і впровадження нових дієвих агрозаходів з урахуванням гідротермічних умов регіону є актуальною проблемою (Wang et al., 2017; Long et al., 2018; Joshi et al., 2020; Huda et al., 2021; Qiu et al., 2021).

Строки та способи сівби, норма висіву насіння. Терміни сівби залежать від географічного регіону через чутливість гречки до морозів. Гречка чутлива до морозів, при температурі -1,5 °C посіви пошкоджуються, а при -2,0 °C і нижче, вони вмирають. Найкращий термін посіву гречки в Західній Європі – із середини травня до липня (Alonso-Miravalles & O'Mahony, 2018). Mota, Santos, Mauro, Samman, Matos, Torres, Castanheira (2016) запропонували ранню весну (середина квітня) як оптимальний час посіву в середземноморському середовищі. У Північній Індії гречку сіють у липні, а в Південній частині – у квітні (Ratan & Kothiyal, 2011). Термін посіву підбирають так, щоб уникнути ризику заморозків і високих температур у період формування насіння. Рекомендована глибина посіву насіння також різна. Наприклад, у Західній Європі рекомендована глибина для тетраплоїдних сортів становить 4-5 см, а для диплоїдних – 3-4 см (Nikitina et al., 2020; Starowicz et al., 2020). В Китаї рекомендована оптимальна глибина 4 см (Xang et al., 2014; Jin et al., 2021; Wang et al., 2021a). Загально рекомендована глибина становить 4-6 см. На сухих ґрунтах глибину загортання зазвичай збільшують на 2 см. На ґрунтах легкого гранулометричного складу коткування після посіву обов'язкове (Faroq et al., 2016).

Норма висіву є важливим фактором, що визначає урожайність зерна. Найвищий середній урожай зерна

на карбонатному лучному чорноземі в Сербії було отримано за норми 160 зерен на м² (Nikolic et al., 2019). Слід підкреслити, що в цьому дослідженні спостерігалися лише незначні відмінності між нормами висіву 120 і 160 зерен на м², тому з міркувань економії рекомендована норма висіву 120 зерен на м². Подібні результати були отримані в Хорватії (Škrobot et al., 2022). У Латвії найвищий урожай був отриманий при нормі висіву 250 зерен на м² (Sobhani et al., 2014). Більша щільність може знадобитися, якщо ґрунт занадто вологий, холодний або погано підготовлений для посіву. У напівпосушливій зоні Північного Казахстану оптимальна норма висіву була 300 пророслих насінин/м² (Syzykova et al., 2016). Krzyzanska (2022) запропонувала при суцільному способі сівби оптимальну норму висіву 250-500 зерен/м² (80-120 кг/га), а при широкорядному – 100-250 зерен/м² (25-60 кг/га). Kabanets, Strakholis (2017) запропонували оптимальну норму висіву від 200 до 300 зерен/м².

Ефективність значною мірою залежить від ґрунту та сортових особливостей гречки. Відмінності в рекомендаціях пов'язані з тим, що норма висіву залежить від способу сівби, сорту гречки та способу обробітку ґрунту. Для тетраплоїдних сортів ефективний широкорядний посів із шириною міжрядь 45-60 см, а при вирощуванні диплоїдних – середньорядний 12-15 см (Dziadek et al., 2016; Sun et al., 2018; Drub et al., 2021).

Врожайність та якість сировини в значній мірі залежить від особливостей сорту та елементів технології вирощування пристосованих до ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування (Wang et al., 2019; Morishita & Nara, 2020).

Культура гречки є традиційною для України. Низка економічних і суспільних факторів останніх десятиліть зумовила суттєве зменшення виробництва цієї важливої культури, що призвело до скорочення обсягів внутрішнього споживання та втрати експортного потенціалу у цьому сегменті рослинництва (Trotsenko & Klitsenko, 2016; Radchenko et al., 2018; Dorohovych et al., 2018).

Комплекс економічних факторів та стійка тенденція до потепління клімату обумовили загальне скорочення посівних площ гречки й витіснення її посівів із південних регіонів України в північні. Це стало основною причиною скорочення валових обсягів виробництва культури та насичення внутрішнього ринку крупною іноземного походження (Liashenko et al., 2022).

Гречка культура тепло- та вологолюбива, а весняні умови зони північно-східного Лісостепу України відзначаються частими весняними посухами та пізніми приморозками, тому підбір адаптованих сортів за стабільним потенціалом продуктивності, а також оптимізацією строків сівби та попередників, має важливе значення для отримання дружніх повноцінних сходів та збереження посівів (Radchenko et al., 2018).

Гречка є джерелом харчових продуктів та економічного розвитку країни. Однак, традиційні методи вирощування гречки викликають проблеми з екологічною безпекою, можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Вирощування гречки неодноразово супроводжується використанням хіміч-

них добрив та пестицидів, що може негативно вплинути на якість та безпечність продукту, а також на довкілля. Одним із шляхів зменшення негативного впливу вирощування гречки на довкілля є впровадження технології агробіологізації вирощування цієї культури саме через постійне удосконалення технологічних елементів виробництва цієї культури (Torbica et al., 2010; Shevchuk et al., 2011; Motta et al., 2019).

Динаміка посівних площ гречки в Україні вказує на звуження зони розповсюдження культури з переважною концентрацією посівів у центральній та північній частинах Лісостепу. Аналіз сортового потенціалу культури та її виробництва в традиційній зоні вирощування вказують на необхідність селекційного та технологічного оновлення гречки за рахунок створення сортів різного морфотипу з розробкою відповідних технологій вирощування (Liashenko et al., 2022).

Поступове витіснення посівів гречки із зони Степу й південного Лісостепу в північній Лісостеп та Полісся зумовлює пошук селекційних та технологічних важелів підвищення її продуктивності, в тому числі за рахунок запровадження сортових технологій вирощування. На сьогодні відпрацювання окремих елементів таких технологій проводиться в Інституті землеробства НААН (Trotsenko & Klitsenko, 2016; Liashenko et al., 2022).

Досягнення необхідного рівня адаптованості гречки до специфічних умов літньо-осінньої вегетації можливе лише на основі відповідного сортового забезпечення. Одним із ефективних механізмів підвищення рівня адаптованості є використання явища фотоперіодизму. В еволюційному аспекті виникнення фотоперіодизму є вторинним (адаптивним) процесом, що забезпечує можливість більш тонкої реакції на умови географічного розташування та динаміку сезонних змін. Фотоперіодизм, як і яровизація, є пристосувальним механізмом, який дозволяє рослинам зацвітати за певних, найбільш сприятливих умов та проявляється в зміні ростових процесів та розвитку (Sindarovska et al., 2014; Small, 2017; Liu et al., 2018; Temnikova et al., 2021).

Гречка – культура, в якій вплив сортових особливостей на формування врожайності змушує постійно шукати оптимальні схеми технології вирощування. Сортова реакція гречки встановлює тенденцію формування продуктивності в залежності від різної архітекtonіки та визначає необхідність удосконалення технології вирощування з урахуванням онтогенетичного розвитку рослин (Hunt et al., 2018; Dorohovych et al., 2018; Drub et al., 2021).

В агротехнічному комплексі вирощування гречки велике значення має правильне розташування її посівів у сівозміні. Дуже часто цю культуру вважають невимовливою і розміщують по незадовільних попередниках, внаслідок чого врожаї бувають низькими і нестійкими. Практика багатьох господарств свідчить, що і гречка вимагає добрих попередників. Поряд з ними необхідно враховувати і особливості (Dorohovych et al., 2018; Tryhub et al., 2022).

Неодночасність дозрівання, формування врожаю зерна в нижній частині куца, різна здатність до розга-

луження, значне варіювання генеративних органів по сортах і призвели до досліджень, які вказують на необхідність розробки сортових технологій вирощування культури, починаючи з оптимізації строків сівби, попередників і норм висіву різних сортів гречки, що стає найбільш важливим особливо за умов глобальних змін клімату (Jaroszewska et al., 2019; Sturza et al., 2020; Luthar et al., 2021; Liashenko et al., 2022).

Практичні дослідження свідчать, що створення високороботкових посівів можливе лише за умови раціонального використання засобів, що створюють оптимальні умови для функціонування агрофітоценозів. Отримання сталих врожаїв сільськогосподарських культур нерозривно пов'язане з родючістю ґрунту, яка залежить від інтенсивності процесів життєдіяльності організмів у ґрунті (Yuzvenko et al., 2011; Stringer et al., 2013; Wefers & Bunzel, 2015).

Підвищення продуктивності рослин можна досягти не лише методами селекції, а й за рахунок удосконалення технологій вирощування. Низка наукових даних свідчить про залежність та вплив строків та способів сівби на формування елементів продуктивності рослин гречки в умовах нестійкого вологозабезпечення та коливання температурних показників повітря і ґрунту (Wronkowska et al., 2019; Liu et al., 2019; Liashenko et al., 2022).

Постійне удосконалення та оптимізація строків та способів сівби в технологіях вирощування культурних рослин сприяє підвищенню врожайності. Це дає можливість сорту реалізувати свій генетичний потенціал. Тим не менш, в умовах інтенсифікації виробництва на сьогодні залишається відкритим питання сортової реакції на застосування вищезазначених елементів технологій та їх поєднання. Тому, створення технологічного супроводу із вдосконаленням попередньо вивчених сортових технологій на сьогодні є актуальним напрямком (Shi et al., 2021; Ninomiya et al., 2022).

Система удобрення. В умовах сьогодення переглядаються основні принципи ведення сільського господарства. Актуальними є альтернативні методи ведення сільського господарства, зокрема, підвищення рівня продуктивності посівів сільськогосподарських культур за рахунок поєднання в технології їх вирощування сортового потенціалу та розрахункових рівнів мінерального живлення з урахуванням ґрунтово-кліматичних характеристик. Відповідно, розробка шляхів створення оптимальних умов для отримання максимально можливого рівня урожайності посівів гречки, зокрема, удосконалення існуючих технологій вирощування та впровадження нових дієвих агрозаходів з урахуванням гідротермічних умов регіону є актуальною проблемою (Radchenko et al., 2018; Thakur et al., 2021; Xiao et al., 2022).

Сучасні сорти гречки, які різняться за морфотипом, мають певну зональну орієнтованість щодо агроекологічних умов вирощування, різний рівень стійкості проти несприятливих факторів тощо. Але, поряд з позитивними властивостями сортів, розробка агротехнічних особливостей їх вирощування недостатньо досліджена. Тому, системний підхід до комплексного вивчення основних елементів технології, а саме сортової реакції гречки на

ефективність мінерального живлення та удобрювальних продуктів є актуальним (Kabanets & Strakholis, 2017; Tryhub et al., 2022).

Одним із шляхів збільшення врожаю цієї культури є впровадження у виробництво високоефективної конкурентоспроможної технології вирощування, яка б забезпечила максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів гречки (Ikanović et al., 2013; Singh et al., 2019).

Отримання повноцінного урожаю гречки можливе лише при науковому обґрунтуванні застосування агротехнічних заходів, розроблених в конкретних агрокліматичних умовах. Через подальші зміни клімату та зниження рівня вологозабезпеченості в критичні періоди розвитку культур, необхідно шукати нові шляхи підвищення врожайності за відповідних умов, що склалися (Ertugay et al., 2020; Luthar et al., 2021; Yao et al., 2023).

Гречка забезпечує високу віддачу мінеральних добрив, внесених безпосередньо під неї. Пояснюється це її здатністю засвоювати значну кількість поживних речовин на формування врожаю за порівняно короткий період вегетації. По засвоювальній здатності гречка перевищує всі інші рослини польових культур, поступається лише люпину. Тому рослина гречки протягом вегетативного періоду накопичує значну кількість елементів мінерального живлення (Suzuki et al., 2014; Temnikova et al., 2021; Thakur et al., 2021).

Підвищення продуктивності можна досягти не лише методами селекції, а й за рахунок удосконалення технологій вирощування (Skrabanja & Kreft, 1998). Низка наукових даних свідчать про позитивний вплив різних науково-обґрунтованих систем живлення на формування елементів продуктивності рослин гречки (Zhang & Xu, 2017; Wronkowska et al., 2020).

Застосування розрахункових доз добрив у технологіях вирощування культурних рослин сприяє підвищенню врожайності. Це дає можливість сорту реалізувати свій генетичний потенціал (Southgate et al., 2017; Wu et al., 2021).

Тим не менш, в умовах інтенсифікації виробництва на сьогодні залишається відкритим питання сортової реакції на застосування вищезазначених елементів технологій та їх поєднання. Тому, створення технологічного супроводу із вдосконаленням попередньо вивчених сортових технологій на сьогодні є важливим напрямком наукових досліджень (Xu et al., 2019; Fan et al., 2020).

Значний приріст урожайності гречки забезпечує науково-обґрунтоване внесення добрив під цю культуру. Ефективність дії внесених добрив під гречку залежить від багатьох факторів, основними з яких є родючість ґрунту і вологозабезпеченість, попередник і система його удобрення, види і форми добрив, строки і способи їх внесення (Radchenko et al., 2018; Vetrani et al., 2019).

При розміщенні гречки після удобрених попередників та внесення добрив під цю культуру врожайність її, порівняно з неудобреним фоном підвищується на 50-60%, тобто до 2,0-2,5 т/га. За даними Інституту сільського господарства Північного Сходу НААНУ (2016-2018 рр.) в умовах північно-східного Лісостепу України макси-

мальна врожайність гречки в дослідях з вивчення різних схем живлення становила 3,6 т/га, оптимальною дозою внесення мінеральних добрив для сортів гречки детермінантного типу була $N_{30}P_{45}K_{45} + N_{15}$, а звичайного морфотипу розрахункова доза добрив $N_{40-50}P_{20-30}K_{50-75}$ (Kabanets & Strakholis, 2017; Radchenko et al., 2018).

Таким чином, основною умовою отримання повноцінного врожаю гречки є створення відповідного фону живлення шляхом внесення добрив при дотриманні інших елементів технології вирощування (Yeşil & Levent, 2022).

Внесення добрив під гречку в оптимальних дозах, істотно підвищуючи її урожайність, не спричиняє накопичення залишкової кількості важких металів вище гранично допустимих концентрацій (Wang et al., 2021b; Tryhub et al., 2022).

Отримання повноцінного врожаю гречки можливе лише при науковому обґрунтуванні застосування агротехнічних заходів, розроблених в конкретних агрокліматичних умовах. Через подальші зміни клімату та зниження рівня вологозабезпеченості в критичні періоди розвитку культур, необхідно шукати нові шляхи підви-

щення врожайності за відповідних умов, що склалися (Kabanets & Strakholis, 2017; Tryhub et al., 2022).

Висновки. Вирощування гречки має численні переваги для стійкості сільського господарства порівняно з іншими зерновими культурами, оскільки воно потребує низьких затрат і добре адаптоване до несприятливих умов.

Нові підходи, безумовно, можуть бути корисними для виробництва гречки. Необхідні подальші дослідження для розробки нових сортів із бажаними характеристиками та без негативного впливу на інші продуктивні властивості.

Важливим етапом перспективних досліджень визначено встановити агробіологічні особливості росту та розвитку рослин сортів гречки різного морфотипу в залежності від взаємодії досліджуваних елементів технології вирощування.

Науково-практичні рекомендації та виробничий досвід сприятиме росту кількісних і якісних показників урожайності, валовому збору зерна та підвищенню стійкості землеробства.

References:

1. Aguiar, E. V., F. G. Santos, A. C. L. S. Centeno & Capriles, V. D. (2021) Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 150 (Pt A), 110762. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110762.
2. Alenius, T., T. Mökkönen & Lahelma, A. (2013) Early farming in the Northern Boreal Zone: Reassessing the history of land use in Southeastern Finland through high-resolution pollen analysis. *Geoarchaeology*, 28 (1), 1–24. doi: 10.1002/geo.21428.
3. Alonso-Miravalles, L. & O'Mahony, J. A. (2018) Composition, protein profile and rheological properties of pseudo-cereal-based protein-rich ingredients. *Foods* (Basel, Switzerland), 7 (5), 73. doi: 10.3390/foods7050073.
4. Antoniewska, A., J., Rutkowska, M. M. & Pineda, A. A. (2018) Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour. *LWT*, 89, 217–23. doi: 10.1016/j.lwt.2017.10.039.
5. Appiani, M., N. S. Rabitti, C. Proserpio, E. Pagliarini & Laureati, M. (2021) Tartary buckwheat: A new plant-based ingredient to enrich corn-based gluten-free formulations. *Foods* (Basel, Switzerland), 10 (11), 2613. doi: 10.3390/foods10112613.
6. Arendt, E. K. (2022) Combining high-protein ingredients from pseudocereals and legumes for the development of fresh high-protein hybrid pasta: Enhanced nutritional profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102 (12), 5–10. doi: 10.1002/jsfa.11015.
7. Aubert, L., & Quinet, M. (2022) Comparison of heat and drought stress responses among twelve Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) varieties. *Plants*, 11 (11), 1517. doi: 10.3390/plants11111517.
8. Babu, S., G. S. Yadav, R. Singh, R. K. Avasthe, A. Das, K. P. Mohapatra, M. Tahashildar, K. Kumar, M. Prabha, Thoithoi Devi, M. (2018) Production technology and multifarious uses of buckwheat (*Fagopyrum* spp.): A review. *Indian Journal of Agronomy*, 63 (4), 415–27.
9. Bielski, S., R. Marks-Bielska, Wiśniewski, P. (2022) Investigation of energy and economic balance and GHG emissions in the production of different cultivars of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench): A case study in Northeastern Poland. *Energies*, 16 (1), 17. doi: 10.3390/en16010017.
10. Bilgiçli, N., and İbanoğlu, Ş. (2015) Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (11), 7525–9. doi: 10.1007/s13197-015-1770-y.
11. Björkman, T., and Shail, J. W. (2013) Using a buckwheat cover crop for maximum weed suppression after early vegetables. *HortTechnology*, 23 (5), 575–80. doi: 10.21273/HORTTECH.23.5.575.
12. Błaszczak, W., D. Zielińska, H. Zieliński, D. Szawara-Nowak, Fornal, J. (2013) Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (1), 92–100. doi: 10.1007/s11947-011-0669-5.
13. Coțovanu, I., and Mironeasa, S. (2021) Buckwheat seeds: Impact of milling fractions and addition level on wheat bread dough rheology. *Applied Sciences*, 11 (4), 1731. doi: 10.3390/app11041731.
14. Deng, Y., J. Lim, G.-H. Lee, T. T. H. Nguyen, Y. Xiao, M. Piao, Kim, D. (2019) Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29 (6), 877–86. doi: 10.4014/jmb.1904.04041.
15. Di Cairano, M., N. Condelli, F. Galgano, Caruso, M. C. (2022) Experimental gluten-free biscuits with underexploited flours versus commercial products: Preference pattern and sensory characterisation by Check All That Apply Questionnaire. *International Journal of Food Science & Technology*, 57 (4), 1936–44. doi: 10.1111/ijfs.15188.
16. Diowksz, A., and Sadowska, A. (2021) Impact of sourdough and transglutaminase on gluten-free buckwheat bread quality. *Food Bioscience*, 43, 101309. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101309.

17. Domańska, J., D. Leszczyńska, Badora, A. (2021) The possibilities of using common buckwheat in phytoremediation of mineral and organic soils contaminated with Cd or Pb. *Agriculture*, 11 (6), 562. doi: 10.3390/agriculture11060562.
18. Domingos, I. F. N., and Bilsborrow, P. E. (2021) The effect of variety and sowing date on the growth, development, yield and quality of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *European Journal of Agronomy*, 126, 126264. doi: 10.1016/j.eja.2021.126264.
19. Dorohovych, V., Hrytsevich, M., Isakova, N. (2018) Effect of gluten-free flour on sensory, physico-chemical, structural and mechanical properties of wafer batter and waffles. *Ukrainian Food Journal*, 7 (2), 253–63. doi: 10.24263/2304-974X-2018-7-2-8.
20. Drub, T. F., F. Garcia dos Santos, Ladeia Solera Centeno, A. C., Capriles, V. D. (2021) Sorghum, millet and pseudocereals as ingredients for gluten-free whole-grain yeast rolls. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100293. doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100293.
21. Du, J., H. Li, J. Huang, H. Tao, A. Hassane Hamadou, D. An, Y. Qi, Xu, B. (2022) Insights into the reasons for lower digestibility of buckwheat-based foods: The structure-physical properties of starch aggregates. *Journal of Cereal Science*, 107, 103506. doi: 10.1016/j.jcs.2022.103506.
22. Dzakhmishava, I. S., and Khokonova, M. B. (2021) Functional properties of bucket granule. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83 (3), 86–91. doi: 10.20914/2310-1202-2021-3-86-91.
23. Dziadek, K., Kopeć, A., Pastucha, E., Piątkowska, E., Leszczyńska, T., Pisulewska, E., Witkiewicz, R., Francik, R. (2016) Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *Journal of Cereal Science*, 69, 1–8. doi: 10.1016/j.jcs.2016.02.004.
24. Ertugay, M. F., Yangilar, F., Çebi, K. (2020) Ice cream with organic kavalca (buckwheat) fibre: Microstructure, thermal, physicochemical and sensory properties. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 12 (3), 35–50. doi: 10.34302/crpfjst/2020.12.3.3.
25. Fan, Y., Ding, M-q, Zhang, K-x, Tang, Y., Fang, W., Yang, K-l, Zhang, Z-w, Cheng, J-p, Zhou, M-l. (2020) Overview and utilization of wild germplasm resources of the Genus *Fagopyrum* Mill. in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 21 (6), 1395–406. doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20200317002.
26. Farooq, S., Rehman, R. U., Pirzadah, T. B., Malik, B., Dar, F. A., Tahir, I. (2016) Chapter twenty three – Cultivation, agronomic practices, and growth performance of buckwheat. In *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*, ed. M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, and G. Wieslander, 299–319. USA: Academic Press.
27. Farzana, T., Fatema, J., Hossain, F. B., Afrin, S., Rahma, S. S. (2021) Quality improvement of cakes with buckwheat flour, and its compar-ison with local branded cakes. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 9 (2), 570–77. doi: 10.12944/CRNFSJ.9.2.20.
28. Gallo, M., and Montesano, D. 2023. Buckwheat: Properties, beneficial effects and technological applications. In *Sustainable food science – A comprehensive approach*, ed. P. Ferranti, 150–64. USA: Elsevier. doi: 10.12944/B978-0-12-823960-5.00008-1.
29. Gao, L., Xia, M., Wan, C., Jia, Y., Yang, L., Wang, M., Wang, P., Yang, Q., Yang, P., Gao, X.. (2021) Analysis of synthesis, accumulation and physicochemical properties of Tartary buckwheat starches affected by nitrogen fertilizer. *Carbohydrate Polymers*, 273, 118570. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118570.
30. Huda, M. N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K., Zhang, W., Georgiev, M. I., Park, S. U., Zhou, M. (2021) Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry*, 335, 127653. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127653.
31. Hunt, H. V., Shang X., Jones, M. K. (2018) Buckwheat: A crop from outside the major Chinese domestication centres? A review of the archaeobotanical, palynological and genetic evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27 (3), 493–506. doi: 10.1007/s00334-017-0649-4.
32. Hussain, A., and Kaul, R. (2018) Formulation and characterization of buckwheat-barley supplemented multigrain biscuits. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6 (3), 873–81. doi: 10.12944/CRNFSJ.6.3.30.
33. Ikanović, J., Rakić, S., Popović, V., Janković, S., Glamočlijaborde, K. (2013) Agro-ecological conditions and morpho-productive properties of buckwheat. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29 (3), 555–62.
34. Iqbal, S., Thanushree, M. P., Sudha, M. L., Crassina, K. (2021) Quality characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) based nutritious ready-to-eat extruded baked snack. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (5), 2034–40. doi: 10.1007/s13197-020-04940-2.
35. Jaroszewska, A., Sobolewska, M., Podsiadło, C., and Stankowski, S. (2019) The effect of fertilization and effective microorganisms on buckwheat and millet. *Acta Agroph.*, 26(3), 15–28. <https://doi.org/10.31545/aagr/114016>
36. Jin, J., Okagu, O. D., Yagoub, A. E. A., Udenigwe, C. C. (2021) Effects of sonication on the in vitro digestibility and structural properties of buckwheat protein isolates. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105348. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105348.
37. Joshi, D. C., Zhang, K., Wang, C., Chandora, R., Khurshid, M., Li, J., He, M., Georgiev, M. I., Zhou, M. (2020) Strategic enhancement of genetic gain for nutraceutical development in buckwheat: A genomics-driven perspective. *Biotechnology Advances*, 39, 107479. doi: 10.1016/j.biotechadv.2019.107479.
38. Kabanets, V. M., Strakholis, I. M. (2017) Ahrotekhnichni pryomy vyroshchuvannia krupianykh kultur dlia umov pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Agrotechnical methods of growing cereal crops for the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. Instytut silskoho hospodarstva Pivnichnoho Skhodu NAAN. Sad, 20. [in Ukrainian]
39. Kalinová, J., Moudrý, J., Čurn, V. (2005) Yield formation in common buckwheat (*Fagopyrum Esculentum* Moench). *Acta Agronomica Hung.*, 53, 283–291. <https://doi: 10.1556/AAgr.53.2005.3.5>.

40. Krzyzanska, M., Hunt, H. V., Crema, E. R., Jones, M. K. (2022) Modelling the potential ecological niche of domesticated buckwheat in China: Archaeological evidence, environmental constraints and climate change. *Vegetation History and Archaeobotany*, 31 (4), 331–45. doi: 10.1007/s00334-021-00856-9.
41. Liashenko, V. V., Sakhno, T. V., Tryhub, O. V., Semenov, A. O. (2022) Fiziologichna reaktsiia roslyn sortiv hrechky posivnoi *Fagopyrum esculentum moench* za umovy riznykh rezhymiv hidropriamoynu na rannikh etapakh ontogenezu. [Physiological reaction of plants of *Fagopyrum esculentum moench* buckwheat varieties under conditions of different hydropriming regimes in the early stages of ontogenesis]. *Scientific Progress & Innovations*, 2 (2), 30–38. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.03> [in Ukrainian]
42. Liu, F., He, C., Wang, L., Wang, M. (2018) Effect of milling method on the chemical composition and antioxidant capacity of Tartary buckwheat flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 53 (11), 2457–64. doi: 10.1111/ijfs.13837.
43. Liu, Y., Cai, C., Yao, Y., Xu, B. (2019) Alteration of phenolic profiles and antioxidant capacities of common buckwheat and tartary buckwheat produced in China upon thermal processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (12), 5565–76. doi: 10.1002/jsfa.9825.
44. Long, Jiang-xue, Cheng, Hui-yan, Dai, Zhi-neng, Liu, Jian-fu. (2018) The Effect of Silicon Fertilizer on The Growth of Chives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 192, 1–6.
45. Luthar, Z., Fabjan, P., Mlinarič, K. (2021) Biotechnological methods for buckwheat breeding. *Plants (Basel)*, 10 (8), 1547. doi: 10.3390/plants10081547.
46. Luthar, Z., Germ, M., Likar, M., Golob, A., Vogel-Mikuš, K., Pongrac, P., Kušar, A., Pravst, I., Kreft, I. (2020) Breeding buckwheat for increased levels of rutin, quercetin and other bioactive compounds with potential antiviral effects. *Plants (Basel)*, 9 (12), 1638. doi: 10.3390/plants9121638.
47. Mikami, T., Motonishi, S., Tsutsui, S. (2018) Production, uses and cultivars of common buckwheat in Japan: An overview. *Acta Agriculturae Slovenica*, 111 (2), 511–17. doi: 10.14720/aas.2018.111.2.23.
48. Morishita, T., Hara, T. (2020) Important agronomic characteristics of yielding ability in common buckwheat; ecotype and ecological differentiation, preharvest sprouting resistance, shattering resistance, and lodging resistance. *Breeding Science*, 70 (1), 39–47. doi: 10.1270/jsbbs.19020.
49. Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D., Castanheira, I. (2016) Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55–61. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.043.
50. Motta, C., Castanheira, I., Gonzales, G. B., Delgado, I., Torres, D., Santos, M., Matos, A. S. (2019) Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 58–65. doi: 10.1016/j.jfca.2018.10.001.
51. Nikitina, V. I., Vagner, V. V., Martynova, O. V. (2020) Dependence of the rutin content in buckwheat plants on the sowing method, variety and seeding rate. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548, 052037. August 01, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/548/5/052037.
52. Nikolic, O., Pavlovic, M., Dedic, D., Sabados, V. (2019) The influence of sow density on productivity and moisture in buckwheat grain (*Fagopyrum esculentum moench*.) in condition of stubble sowing and irrigation. *Agriculture and Forestry*, 65 (4), 193–202. doi: 10.17707/AgricultForest.65.4.17.
53. Ninomiya, K., Ina, S., Hamada, A., Yamaguchi, Y., Akao, M., Shinmachi, F., Kumagai, H., Kumagai, H. (2018) Suppressive effect of the α -amylase inhibitor albumin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) on postprandial hyperglycaemia. *Nutrients*, 10 (10), 1503. doi: 10.3390/nu10101503.
54. Ninomiya, K., Yamaguchi, Y., Shinmachi, F., Kumagai, H., Kumagai, H. (2022) Suppression of postprandial blood glucose elevation by buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) albumin hydrolysate and identification of the peptide responsible to the function. *Food Science and Human Wellness*, 11 (4), 992–8. doi: 10.1016/j.fshw.2022.03.026.
55. Norbäck, D., and Wieslander, G. (2021) A review on epidemiological and clinical studies on buckwheat allergy. *Plants (Basel)*, 10 (3), 607. doi: 10.3390/plants10030607.
56. Qin, P., Wang, Q., Shan, F., Hou, Z., Ren, G. (2010) Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (5), 951–8. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02231.x.
57. Qiu, J., Liu, Y., Yue, Y., Qin, Y., Li, Z. (2016) Dietary tartary buckwheat intake attenuates insulin resistance and improves lipid profiles in patients with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, 36 (12), 1392–401. doi: 10.1016/j.nutres.2016.11.007.
58. Radchenko, M. V., Butenko, A. O., Hlupak, Z. I. (2018) Vplyv systemy udobrennia ta efektyvnist rehuliatora rostu na produktyvnist hrechky v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy. [The influence of the fertilization system and the effectiveness of the growth regulator on the productivity of buckwheat in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(2), . 89–94. DOI: 10.15421/2018.314. [in Ukrainian]
59. Ratan, P., and Kothiyal, P. (2011) *Fagopyrum esculentum Moench* (common buckwheat) edible plant of Himalayas: A review. *Asian Journal of Pharmacy and Life Science*, 1 (4), 1–17.
60. Sakač, M., Pestorić, M., Mandić, A., Mišan, A., Nedeljković, N., Jambrec, D., Jovanov, P., Lazić, V., Pezo, L., Sedej, I. (2016) Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *Journal of Cereal Science*, 69, 336–43. doi: 10.1016/j.jcs.2016.04.008.
61. Satoh, R., Jensen-Jarolim, E., Teshima, R. (2020) Understanding buckwheat allergies for the management of allergic reactions in humans and animals. *Breeding Science*, 70 (1), 85–92. doi: 10.1270/jsbbs.19051.
62. Selimović, A., Miličević, D., Selimović, A., Žuljević, S. O., Jašića, A., Vranac, A. (2017) Properties of crackers with buckwheat sourdough. *Acta Chimica Slovaca*, 10 (2), 152–8. doi: 10.1515/acs-2017-0025.

63. Shevchuk, V., Demchenko, O., Yuzvenko, L. (2011) Sensitivity evaluation within the collection *Fagopyrum tataricum* Gaertn of different ecological origin to the buckwheat burn virus. *Scientific Bulletin Uzhgorod University (Ser. Biology)*, 30, 161–3.
64. Shi, J., Tong, G., Yang, Q., Huang, M., Ye, H., Liu, Y., Wu, J., Zhang, J., Sun, X., Zhao, D. (2021) Characterization of key aroma compounds in Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) by means of sensory-directed flavor analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69 (38), 11361–71. doi: 10.1021/acs.jafc.1c03708.
65. Sindarovska, Y. R., Guzyk, O. I., Yuzvenko, L. V., Demchenko, O. A., Didenko, L. F., Grynevych, O. I., Spivak, M. Y. 2014. Ribonuclease activity of buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum*) cultivars with different sensitivities to buckwheat burn virus. *The Ukrainian Biochemical Journal* 86 (3):33–40. doi: 10.15407/ubj86.03.033.
66. Singh, J. P., Kaur, A., Singh, B., Singh, N., Singh, B. (2019) Physicochemical evaluation of corn extrudates containing varying buckwheat flour levels prepared at various extrusion temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (4), 2205–12. doi: 10.1007/s13197-019-03703-y.
67. Singh, M., Malhotra, N., Sharma, K. (2020) Buckwheat (*Fagopyrum sp.*) genetic resources: What can they contribute towards nutritional security of changing world? *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67 (7), 1639–58. doi: 10.1007/s10722-020-00961-0.
68. Sinkovič, L., Deželak, M., Kopinč, R., Meglič, V. (2022) Macro/microelements, nutrients and bioactive components in common and Tartary buckwheat (*Fagopyrum spp.*) grain and stone-milling fractions. *LWT*, 161, 113422. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113422.
69. Skrabanja, V. and Kreft, I. (1998) Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. An in vitro study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (5), 2020–3. doi: 10.1021/jf970756q.
70. Škrobot, D., Pezo, L., Tomić, J., Pestorić, M., Sakač, M., Mandić, A. (2022) Insights into sensory and hedonic perception of wholegrain buckwheat enriched pasta. *LWT*, 153, 112528. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112528.
71. Small, E. (2017) Buckwheat – the world's most biodiversity-friendly crop? *Biodiversity*, 18, (2-3), 108–23. doi: 10.1080/14888386.2017.1332529.
72. Sobhani, M. R., Rahmikhdoev, G., Mazaheri, D., Majidian, M. (2014) Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*, 8 (10), 1402–14.
73. Southgate, A. N. N., Scheuer, P. M., Martelli, M. F., Menegon, L., Francisco, A. (2017) Quality properties of a gluten-free bread with buckwheat. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15 (4), 339–48. doi: 10.1080/15428052.2017.1289134.
74. Starowicz, M., Lelujka, E., Ciska, E., Lamparski, G., Sawicki, T., Wronkowska, M. (2020) The application of *Lamiaceae* Lindl. promotes aroma compounds formation, sensory properties, and antioxidant activity of oat and buckwheat-based cookies. *Molecules*, 25 (23), 5626. doi: 10.3390/molecules25235626.
75. Stringer, D. M., Taylor, C. G., Appah, P., Blewett, H., Zahradka, P. (2013) Consumption of buckwheat modulates the post-prandial response of selected gastrointestinal satiety hormones in individuals with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 62 (7), 1021–31. doi: 10.1016/j.metabol.2013.01.021.
76. Sturza, A., Păucean, A., Chiș, M. S., Mureșan, V., Vodnar, D. C., Man, S. M., Urcan, A. C., Rusu, I. E., Fostoc, G., Muste, S., (2020) Influence of buckwheat and buckwheat sprouts flours on the nutritional and textural parameters of wheat buns. *Applied Sciences*, 10 (22), 7969. doi: 10.3390/app10227969.
77. Sun, X., Li, W., Hu, Y., Zhou, X., Ji, M., Yu, D., Fujita, K., Tatsumi, E., Luan, G. (2018) Comparison of pregelatinization methods on physicochemical, functional and structural properties of tartary buckwheat flour and noodle quality. *Journal of Cereal Science*, 80, 63–71. doi: 10.1016/j.jcs.2018.01.016.
78. Sun, Y., Zhou, W., Huang, Y. (2020) Encapsulation of tartary buckwheat flavonoids and application to yoghurt. *Journal of Microencapsulation*, 37 (6), 445–56. doi: 10.1080/02652048.2020.1781943.
79. Suzuki, T., Morishita, T., Mukasa, Y., Takigawa, S., Yokota, S., Ishiguro, K., Noda, T. (2014) Breeding of 'Manten-Kirari', a non-bitter and trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). *Breeding Science*, 64 (4), 344–50. doi: 10.1270/jsbbs.64.344.
80. Syzdykova, G., Zhumakayev, A., Makhanova, S., Tleppeyeva, A., Zhanbyrshina, N., Safronova, N., Seidalina, K. (2016) Study of optimal sowing date and rate of buckwheat in the semiarid zone of Northern Kazakhstan. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (14), 2998–3003. doi: 10.3923/jeasci.2016.2998.3003.
81. Temnikova, O. E., Rudenko, E. Y., Senchenko, O. V., Ruzyanova, A. A. (2021) Technology of functional bread using buckwheat flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640 (2), 022002. doi: 10.1088/1755-1315/640/2/022002.
82. Thakur, P., Kumar, K., Ahmed, N., Chauhan, D., Eain Hyder Rizvi, Q. U., Jan, S., Singh, T. P., Dhaliwal, H. S. (2021) Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.). *Current Research in Food Science*, 4, 917–25. doi: 10.1016/j.crfs.2021.11.019.
83. Torbica, A., Hadnađev, M., Dapčević, T. (2010) Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24 (6-7), 626–32. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.004.
84. Trotsenko, V. I., Klitsenko, A. V. (2016) Adaptivnyi potentsial hrechky v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Adaptive potential of buckwheat in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho NAU, serija "Ahronomiia i biolohiia"*. Sumy, 9 (32), 192–196. [in Ukrainian]
85. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Nohin, V. V. (2022) Vazhlyvist vyroshchuvannia hrechky yak unikalnoi y ekolohichno oriietovanoi kultury [The importance of growing buckwheat as a unique and ecologically oriented crop], *Scientific Progress & Innovations*, 1, 69–76 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.08>

86. Vetrani, C., Bozzetto, L., Giorgini, M., Cavagnuolo, L., Di Mattia, E., Cipriano, P., Mangione, A., Todisco, A., Ing-hilterra, G., Giacco, A. (2019) Fibre-enriched buckwheat pasta modifies blood glucose response compared to corn pasta in individuals with type 1 diabetes and celiac disease: Acute randomized controlled trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 149, 156–62. doi: 10.1016/j.diabres.2019.02.013.
87. Wang, G., Chen, Q., Yang, Y., Duan, Y., Yang, Y. (2022) Exchanges of economic plants along the land silk road. *BMC Plant Biology*, 22 (1), 619. doi: 10.1186/s12870-022-04022-9.
88. Wang, J., Wu, Y., Han, M., Lei, X., Leng, J., Yang, Q., Yang, P., Gao, J. (2023) Effect of environment and variety on the physicochemical properties of Tartary buckwheat starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103 (5), 2413–24. doi: 10.1002/jsfa.12446.
89. Wang, L., Wang, L., Wang, A., Qiu, J., Li, Z. (2021a) Effects of superheated steam on starch structure and physicochemical properties of buckwheat flour during storage. *Journal of Cereal Science*, 99, 103221. doi: 10.1016/j.jcs.2021.103221.
90. Wang, R., Li, M., Chen, S., Hui, Y., Tang, A., Wei, Y. (2019) Effects of flour dynamic viscosity on the quality properties of buckwheat noodles. *Carbohydrate Polymers*, 207, 815–23. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.09.048.
91. Wang, R., Li, M., Wei, Y., Guo, B., Brennan, M., Brennan, C. S. (2021b) Quality differences between fresh and dried buckwheat noodles associated with water status and inner structure. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10 (1), 187. doi: 10.3390/foods10010187.
92. Wang, X., Fan, D., Zhang, T. (2017) Effects of hydrothermal processing on rutin retention and physicochemical properties of Tartary buckwheat enriched dough and Chinese steamed bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 52 (10), 2180–90. doi: 10.1111/ijfs.13497.
93. Wang, Z., Zhang, Z., Zhao, Z., Wieslander, G., Norbäck, D., Kreft, I. (2004) Purification and characterization of a 24 kDa protein from tartary buckwheat seeds. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 68 (7), 1409–13. doi: 10.1271/bbb.68.1409.
94. Wefers, D., and Bunzel, M. (2015) Characterization of dietary fiber polysaccharides from dehulled common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) seeds. *Cereal Chemistry Journal*, 92 (6), 598–603. doi: 10.1094/CCHEM-03-15-0056-R.
95. Wronkowska, M., Jarmułowicz, A., Lamparski, G., Jeliński, T., Haros, C. M. (2020) Oat–buckwheat breads – technological quality, staling and sensory properties. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 59 (1), 33–41. <https://www.jstor.org/stable/27041754>.
96. Wronkowska, M., Zieliński, H., Szymatowicz, B., Ostaszyk, A., Lamparski, G., Majkowska, A. (2019) Effect of roasted buckwheat flour and hull enrichment on the sensory qualities, acceptance and safety of innovative mixed rye/wheat and wheat bakery products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (8), e14025. doi: 10.1111/jfpp.14025.
97. Wu, W., Li, Z., Qin, F. & Qiu, J. (2021) Anti-diabetic effects of the soluble dietary fiber from tartary buckwheat bran in diabetic mice and their potential mechanisms. *Food and Nutrition Research*, 65, 4998. doi: 10.29219/fnr.v65.4998.
98. Wu, W., Wang, L., Qiu, J. & Li, Z. (2018) The analysis of fagopyritols from tartary buckwheat and their anti-diabetic effects in KK-Ay type 2 diabetic mice and HepG2 cells. *Journal of Functional Foods*, 50, 137–46. doi: 10.1016/j.jff.2018.09.032.
99. Xiao, Y., Li, K., Zhang, H., Li, Y., Han, L., Liu, H. & Wang, M. (2022) The profile of buckwheat tannins based on widely targeted metabolome analysis and pharmacokinetic study of ellagitannin metabolite urolithin A. *LWT*, 156, 113069. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113069.
100. Xu, Q., Wang, L., Li, W., Xing, Y., Zhang, P., Wang, Q., Li, H., Liu, H., Yang, H. & Liu, X. (2019) Scented Tartary buckwheat tea: Aroma components and antioxidant activity. *Molecules*, 24 (23), 4368. doi: 10.3390/molecules24234368.
101. Yang, F., Yu, S-y, Wang, Y., Wang, R-f & Jing, F. (2014) Prospective induction of peripheral neuropathy by the use of Tartarian Buckwheat. *Journal of the Neurological Sciences*, 347 (1-2), 155-158. doi: 10.1016/j.jns.2014.09.037.
102. Yao, Y.-F., Song, X.-Y., Xie, G., Tang, Y.-N., Wortley, A. H., Qin, F., Blackmore, S., Li, C.-S., & Wang, Y.-F. (2023) New insights into the origin of buckwheat cultivation in southwestern China from pol-len data. *The New Phytologist*, 237 (6), 2467–2477. doi: 10.1111/nph.18659.
103. Yeşil, S., & Levent, H. (2022) The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT*, 160, 113301. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113301.
104. Yuzvenko, L. V., Lozova, O., Kvasko, O., Sindarovska, Y., Didenko, L. F., Spivak, N. Y., Shevchuk, V., & Veisz, O. B. (2011) Properties of buckwheat burn virus. Paper read at Climate change: Challenges and opportunities in agriculture. AGRISAFE Final Conference, at Budapest, Hungary.
105. Zhang, H. W., Zhang, Y. H., Lu, M. J., Tong, W. J., & Cao, G. W. (2007) Comparison of hypertension, dyslipidaemia and hyperglycaemia between buckwheat seed-consuming and non-consuming Mongolian-Chinese populations in Inner Mongolia, China. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 34 (9), 838–44. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04614.x.
106. Zhang, Q., & Xu, J.-G. (2017) Determining the geographical origin of common buckwheat from China by multivariate analysis based on mineral elements, amino acids and vitamins. *Scientific Reports*, 7 (1), 9696. doi: 10.1038/s41598-017-08808-y.

Mashchenko O. A., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Experience and prospects of increasing the productivity potential of buckwheat in the conditions of climate change

Due to climate change, more than 80% of plant species may experience changes in diversity, current distribution and potential habitat. In recent years, the basic principles of agriculture have been revised. Attention to the development

of the scientific foundations of sustainable renewable agrotechnological balanced agriculture has increased. To solve the problem of providing the population with complete proteins, a significant role, without a doubt, is assigned to cereal crops, especially buckwheat. Today, buckwheat is not only a common crop, but also a symbol of healthy life thanks to its rich nutritional and pharmacological properties. The high nutritional value of buckwheat is determined by the composition of its protein complex: buckwheat protein is highly digestible (almost 60-70%), rich in such important amino acids as lysine, tryptophan, arginine, as well as histidine – necessary for baby food.

Obtaining a full-fledged buckwheat harvest is possible only with scientific justification of the application of agrotechnical measures developed in specific agro-climatic conditions. Due to further changes in the climate and a decrease in the level of moisture supply in critical periods of crop development, it is necessary to look for new ways of increasing the yield under the appropriate conditions. Buckwheat cultivation has numerous advantages for agricultural sustainability compared to other cereal crops, as it requires low inputs and is well adapted to adverse conditions.

New approaches can certainly be beneficial for buckwheat production, however, further research is needed to develop new cultivars with desirable characteristics and without adversely affecting other productive traits. An important stage of prospective research is to establish the agrobiological features of growth and development of buckwheat varieties of different morphotypes, depending on the interaction of the researched elements of growing technology. This will contribute to the growth of quantitative and qualitative yield indicators, gross grain harvest and increase the sustainability of agriculture.

Key words: *climate, varietal agricultural technology, food security, farming systems, productivity, adaptability.*