

НОВИЙ КУРС • WWW.NEWROUTE.ORG.UA
НАНМ УКРАЇНИ • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/NANMU
ISCU «PROTON GLOBAL» • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/PROTON



МОНОГРАФІЯ



СГ НТМ «Новий курс»

НОВИЙ КУРС • WWW.NEWROUTE.ORG.UA
НАНМ УКРАЇНИ • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/NANMU
ISCU «PROTON GLOBAL» • WWW.NEWROUTE.ORG.UA/PROTON

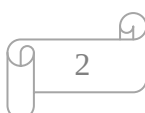


ISBN 978-617-8821-00-5
DOI: 10.61718/mon202611

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СУЧАСНОСТІ

Монографія

Харків • СГ НТМ «Новий курс» • 2026



УДК 001:1
I73

Інтелектуальний потенціал сучасності: моногр. – Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2026. – 121 с.

ISBN 978-617-8821-00-5
DOI: 10.61718/mon202611

Рецензенти

Штулер Ірина Юрївна, доктор економічних наук, професор,
перший проректор ВНЗ «Національна академія управління»

Погоріла Світлана Григорівна, кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри славістичної філології, педагогіки і методики викладання
Білоцерківського національного аграрного університету

Гетьман Ірина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій
Донбаської державної машинобудівної академії

Харченко Артем Вікторович, кандидат історичних наук, доцент,
доцент кафедри мистецької освіти та гуманітарних дисциплін
Харківського національного університету мистецтв імені І. П. Котляревського

Рекомендовано до друку Вченою радою наукової установи Соціально-гуманітарна
науково-творча майстерня «Новий курс» (протокол № 11мн-2026 від 14.08.2026)

- Видавець – Соціально-гуманітарна науково-творча майстерня «Новий курс» (рік заснування – 1989).
- Видавець є науковою установою.
- Видавець пропонує послуги у науковій, видавничій, освітній, творчій, інформаційній сфері.
- Свідectvo про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8013 від 22.11.2023.
- Зареєстровано у Global Register of Publishers.
- Зареєстровано у Crossref із власним префіксом 10.61718.
- Застосовується політика відкритого доступу (Open Access).
- Контент розміщується в репозитарії на сайті засновника.
- Автори несуть відповідальність за авторство та самостійність досліджень.
- Автори несуть відповідальність за зміст, точність та достовірність викладеного матеріалу.
- Редакція може не поділяти точку зору авторів.
- Видання розміщується на сайті на умовах ліцензії Creative Commons Attribution (CC BY).
- Монографія буде корисною науковцям, викладачам, здобувачам освіти, а також широкому колу осіб, які цікавляться питаннями розвитку сучасної науки та практики.

© СГ НТМ «Новий курс», 2026
© Автори, 2026



Видання розміщується на сайті за результатами
ХІ Міжнародної науково-практичної конференції (2026)
«Трансформація світу: минуле, сьогодення, майбутнє»

Україна, м. Харків – Румунія, м. Бухарест

13-14 серпня 2026 року

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- Освітні науки, педагогіка • Культура, мистецтво • Психологія, соціологія, соціальна робота •
- Фізична культура, спорт • Філософія, релігієзнавство • Філологія, лінгвістика, журналістика •
 - Історія, археологія • Економіка, економічна теорія • Підприємництво, торгівля •
 - Туризм, готельно-ресторанна справа • Видавнича справа, поліграфія •
 - Менеджмент, маркетинг • Державне управління, публічне адміністрування •
- Фінанси, банківська справа, облік, оподаткування • Міжнародні відносини, політологія •
- Право, судова система, правоохоронна діяльність • Воєнні науки, національна та цивільна безпека •
 - Інформаційні технології, комп'ютерні науки • Інженерія, виробничі технології •
- Архітектура, будівництво, геодезія • Фізика, хімія, біологія, математика, геологія, екологія •
 - Аграрні науки, сільське господарство • Харчові технології, продовольчі системи •
 - Ветеринарія, зоотехнія • Охорона здоров'я, медицина, фармація •

Учасники отримують електронні сертифікати (згідно з Порядком підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2019 року № 800)

ОРГАНІЗАТОРИ

Національна академія наук і мистецтв України
International Scientific-creative Unit «Proton Global»
Соціально-гуманітарна науково-творча майстерня «Новий курс»

www.newroute.org.ua

Розділ п'ятий
Природничі, аграрні та екологічні аспекти сталого розвитку
(екологія, природничі науки, сільське господарство,
харчові технології, ветеринарія, зоотехнія)

УДК 633.63:631.5:581.1

Сидякіна Олена Вікторівна
ORCID: 0000-0001-8812-6078

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Доцент кафедри рослинництва та агроінженерії
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Гамаюнова Валентина Василівна
ORCID: 0000-0002-4151-0299

Доктор сільськогосподарських наук, професор
Завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою
Миколаївський національний аграрний університет

Бакланова Тетяна Вікторівна
ORCID: 0000-0002-6699-2693

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Учений секретар

*Державна установа «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН»*

**5.1. Біологічні особливості та сучасні технології вирощування топінамбуру (*Helianthus tuberosus* L.)
як перспективної багатоцільової культури**

Вступ. Глобальні зміни клімату, що супроводжуються підвищенням середньорічних температур, зростанням частоти посух, нерівномірністю розподілу опадів та збільшенням кількості екстремальних погодних явищ, суттєво трансформують сучасне аграрне виробництво. За таких умов одним із провідних напрямів забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку аграрного виробництва є диверсифікація рослинництва шляхом впровадження високопродуктивних, екологічно пластичних і ресурсоефективних культур. Особливої актуальності набувають види, здатні забезпечувати формування сталих врожаїв за несприятливих умов вирощування, ефективно використовувати природні ресурси та мати широкий спектр господарського використання. У цьому зв'язку топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.) розглядають як одну з найбільш перспективних нішевих культур XXI століття, що відповідає сучасним вимогам адаптивного землеробства та біоекономіки.

Топінамбур характеризується високою екологічною пластичністю, потужною кореневою системою, значною посухо- та холодостійкістю, толерантністю до широкого спектра ґрунтових умов і здатністю формувати високі рівні урожайності бульб і надземної біомаси навіть за обмеженого використання добрив і засобів захисту рослин. Завдяки зазначеним властивостям цю культуру дедалі частіше розглядають в якості перспективної складової адаптації агросистем до кліматичних змін та зменшення антропогенного навантаження на довкілля [1].

Актуальність дослідження топінамбуру визначається його багатоцільовим використанням. Бульби є цінною сировиною завдяки високому вмісту інуліну, харчових волокон, мінеральних речовин, вітамінів і біологічно активних речовин, що обумовлює їх використання у виробництві функціональних, дієтичних та лікувально-профілактичних продуктів. Надземну масу та бульби широко використовують як високоякісний корм для сільськогосподарських тварин, а значний вміст вуглеводів робить культуру перспективною сировиною для виробництва біоетанолу, біогазу, біохімічних продуктів та інших ресурсів відновлюваної біоенергетики. Крім того, топінамбур характеризується високою фітомеліоративною цінністю, сприяє захисту ґрунтів від ерозії, накопиченню органічної речовини, ефективному використанню маргінальних земель і може застосовуватися у фіторе mediaційних технологіях [2].

Поєднання високої продуктивності, адаптивності до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, багатофункціональності та значного ресурсного потенціалу обумовлює зростання уваги до топінамбуру як перспективної культури для сучасного аграрного виробництва. Його ефективне використання потребує

комплексного наукового підходу, що охоплює вивчення ботаніко-біологічних особливостей, адаптивних властивостей, сортових ресурсів, сучасних напрямів селекції, удосконалення елементів технології вирощування, особливостей збирання врожаю та оцінки можливостей використання біомаси для виробництва біоенергії. Не менш важливими є дослідження економічної доцільності, енергетичної ефективності та екологічних переваг вирощування цієї культури в умовах кліматичних змін і переходу до сталого розвитку аграрного виробництва. Саме комплексне висвітлення зазначених проблем дозволить всебічно оцінити потенціал топінамбуру та обґрунтувати перспективи його широкого впровадження у виробництво як багатопільової культури.

Мета роботи: узагальнити сучасні наукові дані щодо біологічних особливостей, сортових ресурсів, основних елементів технології вирощування, збирання та зберігання топінамбуру, а також обґрунтувати перспективи його широкого використання як продовольчої, кормової, технічної та біоенергетичної культури в умовах сучасних змін клімату.

Ботаніко-біологічна характеристика та екологічна пластичність топінамбуру. Топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.) належить до родини Айстрові (*Asteraceae* Bercht. & J. Presl) і є багаторічною бульбоносною рослиною, що поєднує високу продуктивність із винятковою екологічною пластичністю. Морфологічна будова культури сформувалася в процесі адаптації до широкого спектра ґрунтово-кліматичних умов і забезпечує ефективне використання вологи та елементів живлення, інтенсивне накопичення біомаси і високу регенераційну здатність. Саме особливості будови підземних і надземних органів визначають господарську цінність топінамбуру як продовольчої, кормової, технічної та енергетичної культури. Морфологічну будову рослини топінамбуру та взаємозв'язок її підземних і надземних органів ілюструє рис. 1.

Коренева система топінамбуру добре розвинена, мичкуватого типу, формується з додаткових коренів, що відростають від основи стебла, та столонів. Вона характеризується значною глибиною проникнення і високою просторовою розгалуженістю. За сприятливих умов основна маса коренів розміщується в орному шарі ґрунту (0-30 см), проте окремі корені можуть проникати на глибину понад 1,5-2,0 м і забезпечувати рослини вологою навіть у періоди тривалої посухи. Значна площа поглинальної поверхні кореневої системи сприяє ефективному засвоєнню води та елементів мінерального живлення, що є однією з причин високої адаптивності культури до різних типів ґрунтів [3].



Рис. 1. Морфологічна будова топінамбуру (*Helianthus tuberosus* L.)

Характерною морфологічною особливістю виду є утворення підземних пагонів – столонів, які розвиваються із вузлів підземної частини стебла (рис. 2). Столони являють собою видозмінені пагони з добре вираженими міжвузлями, на верхівках яких у процесі росту відбувається інтенсивний поділ клітин та

накопичення запасних речовин. У результаті потовщення апікальної частини столона формується бульба, яка є основним органом запасання вуглеводів та вегетативного розмноження. Кількість столонів, їх довжина, інтенсивність галуження та глибина розташування в ґрунті значною мірою визначаються генотипом, забезпеченістю вологою, температурним режимом і агротехнічними заходами. У різних сортів столони можуть бути короткими або видовженими, що безпосередньо впливає на компактність гнізда бульб і придатність культури до механізованого збирання [4].



Рис. 2. Формування столонів і бульб рослинами топінамбуру

Бульби топінамбуру є видозміненими підземними пагонами, а не коренями, що принципово відрізняє їх від коренеплодів. Вони мають численні вузли з бруньками («вічками»), здатними формувати нові рослини, що забезпечує високу регенераційну здатність культури. Форма бульб надзвичайно мінлива і залежить від сортових особливостей та умов вирощування. Вони можуть бути округлими, овальними, видовженими, веретеноподібними або грушоподібними, з гладенькою чи сильно сегментованою поверхнею. Забарвлення шкірки варіює від білого та кремового до рожевого, червонуватого або фіолетового, а м'якуш у більшості сортів має біле або кремове забарвлення. Основною запасною речовиною бульб є інулін, вміст якого залежить від сорту, віку рослин і умов вирощування. Крім інуліну, вони накопичують фруктозу, сахарозу, білки, мінеральні елементи та біологічно активні сполуки.

Процес формування бульб є складним фізіолого-біохімічним процесом, який розпочинається після завершення інтенсивного росту пагонів і значною мірою регулюється фотоперіодом, температурою повітря та забезпеченістю рослин вологою. На початкових етапах відбувається активне видовження столонів, після чого припиняється ріст їх верхівок і починається інтенсивне потовщення тканин за рахунок накопичення запасних вуглеводів. Найбільш інтенсивне наростання маси бульб спостерігають наприкінці вегетації, коли продукти фотосинтезу активно транспортуються з листків до підземних органів. Така особливість пояснює високу пластичність культури щодо строків збирання врожаю [3, 4].

Надземна частина топінамбуру представлена прямостоячим, міцним, добре облистяним стеблом, висота якого залежно від сорту та умов вирощування коливається в межах від 1,5 до 4,0 м, а в окремих випадках може перевищувати 5 м. Стебло циліндричне, переважно опушене, у нижній частині здерев'яніле, зверху інтенсивно галузиться. Висока механічна міцність стебел забезпечує стійкість рослин до вилягання навіть за значної висоти та надземної біомаси.

Листки прості, черешкові, із зубчастими краями. У нижній частині стебла вони розміщені супротивно, а починаючи із середини пагону – почергово. Листкова пластинка яйцеподібної або серцеподібної форми з добре розвиненими жилками та густим опушенням. Велика площа листової поверхні забезпечує високий фотосинтетичний потенціал рослин, що є однією з передумов формування значної кількості сухої речовини та високої продуктивності культури. Архітектоніка листового апарату забезпечує ефективне перехоплення сонячної радіації навіть у загущених посівах, а вертикальна диференціація листків сприяє рівномірному освітленню фотосинтезуючої поверхні.

Генеративні органи представлені кошиками, типовими для представників родини Айстрові. Суцвіття складаються з крайових язичкових і центральних трубчастих квіток жовтого кольору. У більшості сортів, особливо в умовах помірного клімату, цвітіння відбувається наприкінці літа або восени, а формування

повноцінного насіння спостерігається порівняно рідко через тривалий період вегетації та фотоперіодичні особливості культури. Саме тому основним способом розмноження топінамбуру у виробництві є вегетативне – бульбами або їх частинами з добре розвиненими бруньками [3-5].

Таким чином, морфологічна організація топінамбуру характеризується гармонійним поєднанням потужної кореневої системи, високопродуктивного столоно-бульбового комплексу та добре розвиненої надземної маси. Саме ці особливості забезпечують високу адаптивність культури до різних ґрунтово-кліматичних умов, її продуктивність, довговічність і широкі можливості використання у продовольчому, кормовому, технічному та біоенергетичному напрямках.

Сортові ресурси та напрями селекції топінамбуру. Сучасна селекція топінамбуру спрямована на створення сортів універсального використання, придатних як для виробництва бульб, так і зеленої біомаси [6]. Основою селекційного процесу є широке генетичне різноманіття виду. Світові колекції генетичних ресурсів топінамбуру представлені сотнями зразків різного еколого-географічного походження, що характеризуються значною мінливістю за морфологічними ознаками, продуктивністю бульб, біомаси, строками досягання, вмістом інуліну, цукрів та адаптивними властивостями (рис. 3). Найбільші колекції підтримуються у Франції, Канаді, Нідерландах, Китаї та країнах Східної Європи [7].

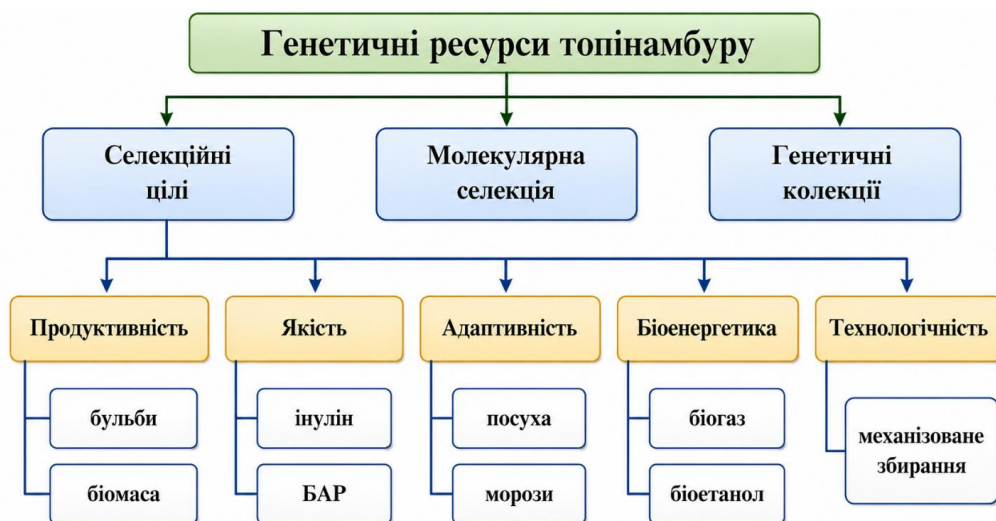


Рис. 3. Генетичні ресурси топінамбуру

Одним із головних напрямів сучасної селекції є підвищення врожайності бульб і надземної маси. Особлива увага приділяється створенню високопродуктивних сортів із вирівняними бульбами, компактним їх розміщенням у ґрунті та високим коефіцієнтом механізованого збирання. Одночасно селекційні програми орієнтовані на збільшення вмісту інуліну, який є основною цінною складовою бульб топінамбуру та широко використовується у харчовій, медичній і фармацевтичній промисловості [2].

Важливим напрямом є створення сортів для біоенергетичного використання. У таких генотипів оцінюють урожайність зеленої маси, накопичення сухої речовини, енергетичну продуктивність, а також придатність біомаси для виробництва біоетанолу, біогазу та твердого біопалива. Завдяки високій продуктивності топінамбур розглядають як одну з перспективних енергетичних культур помірної кліматичної зони. Окремий напрям селекції пов'язаний зі створенням сортів із підвищеною стійкістю до абіотичних і біотичних чинників. Пріоритетними ознаками є посухостійкість, морозостійкість, толерантність до перезволоження, стійкість до хвороб і шкідників, що забезпечує формування сталих рівнів урожайності в умовах глобальних змін клімату. Висока екологічна пластичність культури дозволяє ефективно вирощувати її на малопродуктивних землях без суттєвого зниження продуктивності [6].

Перспективним напрямом є також використання методів молекулярної генетики та біотехнології. Генетичне різноманіття колекцій активно досліджується за допомогою молекулярних маркерів, що дає можливість більш ефективно добирати вихідний матеріал для селекції, встановлювати спорідненість між генотипами та створювати сорти з комплексом господарсько цінних ознак. Значний розвиток отримали дослідження з мікроклонального розмноження, оздоровлення вихідного матеріалу та збереження генетичних ресурсів *in vitro* [8].

Таким чином, сучасні сортові ресурси топінамбуру характеризуються значним генетичним різноманіттям і широкими можливостями практичного використання. Основними напрямками селекції залишаються підвищення врожайності бульб і біомаси, збільшення вмісту інуліну та інших біологічно активних речовин, поліпшення технологічних ознак, підвищення адаптивності до стресових факторів довкілля, а також створення сортів універсального, продовольчого, кормового та біоенергетичного призначення.

Місце у сівозміні. Раціональне розміщення топінамбуру у сівозміні є одним із важливих елементів технології вирощування, що визначає ефективність використання ґрунтових ресурсів, рівень фітосанітарної безпеки агроценозу та стабільність продуктивності культури. Незважаючи на високу екологічну пластичність, здатність адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов та порівняно невисоку вибагливість до попередників, топінамбур позитивно реагує на вирощування після культур, які забезпечують добрий агрофізичний стан ґрунту, залишають поле чистим від бур'янів і не виснажують запаси вологи та поживних речовин.

На думку Kays & Nottingham [8], топінамбур характеризується високою адаптивністю до різних типів ґрунтів, проте максимальна продуктивність культури формується за умови оптимального попередника та належної підготовки поля. Автори зазначають, що правильно організована сівозмінна дозволяє знизити поширення ґрунтових патогенів, покращити фізичні властивості ґрунту та підвищити ефективність використання добрив.

Кращими попередниками для топінамбуру вважають озимі зернові культури, зернобобові, однорічні кормові культури, кукурудзу на силос, а також просапні культури, після яких поле залишається достатньо чистим від багаторічних бур'янів. Вирощування після зернових забезпечує накопичення рослинних решток із високим співвідношенням вуглецю до азоту, що позитивно впливає на структуру ґрунту та сприяє активізації мікробіологічних процесів. Зернобобові культури, в свою чергу, залишають після себе додаткові запаси біологічного азоту та покращують азотний режим ґрунту, що особливо важливо на початкових етапах росту і розвитку топінамбуру [10, 11].

Небажаними попередниками є соняшник, ріпак, соя та інші культури, що уражуються спільними збудниками хвороб, насамперед, представниками роду *Sclerotinia*. Monti et al. [11] наголошують, що вирощування топінамбуру після соняшнику істотно підвищує ризик розвитку білої гнилі (*Sclerotinia sclerotiorum*), оскільки патоген упродовж тривалого часу зберігається у ґрунті у вигляді склероціїв. Крім цього, культури родини Asteraceae мають подібний комплекс шкідників і патогенів, що сприяє накопиченню інфекцій в агроценозі.

Особливістю топінамбуру є його здатність тривалий час вирощуватися на одному місці без суттєвого зниження врожайності. Завдяки високій регенераційній здатності бульб та формуванню значної кількості підземних пагонів культура може функціонувати як багаторічна плантація протягом 3-5 років, а іноді і довше. Така біологічна особливість дозволяє скоротити витрати на щорічне закладення насаджень і є економічно доцільною за вирощування культури на біоенергетичні, кормові або технічні цілі. Разом із тим, довготривале беззмінне вирощування має і низку суттєвих недоліків. Насамперед, спостерігається поступове накопичення інфекцій ґрунтових патогенів, збільшення чисельності спеціалізованих шкідників, ускладнення боротьби із самосівом та значне засмічення поля дрібними бульбами, які залишаються після збирання врожаю. За даними Denogou [12], залишкові бульби характеризуються високою життєздатністю і можуть проростати протягом кількох років, що створює труднощі під час вирощування наступних культур у сівозміні. Саме тому після завершення використання плантації рекомендується здійснювати комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на максимальне видалення бульб із ґрунту.

Важливим фітосанітарним заходом є також контроль поширення білої гнилі (*Sclerotinia sclerotiorum*), яка вважається найбільш небезпечною хворобою топінамбуру. Збудник уражує кореневу шийку, стебла та бульби, особливо за умов підвищеної вологості та загущених посівів. З огляду на тривале збереження склероціїв у ґрунті, рекомендований інтервал повернення топінамбуру або інших культур-господарів *Sclerotinia* на попереднє місце вирощування повинен становити не менше 4-5 років. Такі рекомендації узгоджуються з висновками Boland & Hall [13], які вказують на вирішальне значення сівозміни у стримуванні склеротиніозу.

Не менш важливим є питання контролю бур'янів. Через інтенсивний початковий ріст та швидке формування високорослого стеблостою топінамбур у другій половині вегетації успішно конкурує з більшістю однорічних бур'янів. Проте на ранніх етапах розвитку культура росте відносно повільно, тому високий рівень забур'яненості поля після попередника може суттєво знижувати рівень урожайності. Саме тому найкращими попередниками вважаються культури, після яких застосовується ефективна система механічного або хімічного контролю бур'янів [9].

У сучасних адаптивних системах землеробства топінамбур розглядають як перспективну культуру для біоенергетичних сівозмін, рекультиватії деградованих земель та малопродуктивних ґрунтів. Культура поєднує високу продуктивність біомаси з порівняно низькими витратами енергетичних ресурсів, проте ефективність її вирощування значною мірою визначається правильним вибором попередника та дотриманням основних принципів обґрунтованої сівозміни [13-16].

Таким чином, незважаючи на здатність топінамбуру формувати сталі врожаї навіть за тривалого вирощування на одному місці, найвищий рівень продуктивності та довготривалу фітосанітарну стабільність агроценозу забезпечує включення культури до науково обґрунтованих сівозмін. Використання зернових і зернобобових культур як попередників, уникнення розміщення після соняшнику та інших рослин-господарів *Sclerotinia*, а також дотримання оптимального періоду повернення культури на попереднє місце вирощування є основою сучасної зональної технології вирощування топінамбуру.

Система обробітку ґрунту. Система обробітку ґрунту є одним із основних елементів технології вирощування топінамбуру, оскільки саме від фізичного стану орного шару залежить інтенсивність росту кореневої системи, формування столонів, розвиток бульб і реалізація продуктивного потенціалу культури. На відміну від більшості бульбоплідних культур, топінамбур формує потужну кореневу систему, яка проникає на глибину понад 1,5-2,0 м, проте основна маса столонів і товарних бульб розміщується в орному шарі ґрунту. Тому створення оптимальних агрофізичних умов є одним із пріоритетних завдань основного обробітку [6].

Сучасні дослідження свідчать, що найвищу продуктивність культури забезпечує глибокий основний обробіток, який сприяє зменшенню щільності ґрунту, покращує водопроникність, повітряний режим і створює сприятливі умови для формування столонів. Ущільнення орного шару істотно обмежує розвиток підземних органів топінамбуру, призводить до зменшення кількості і маси бульб, особливо за умов недостатнього зволоження [17].

Після збирання попередника рекомендується провести лущення стерні або поверхневий дисковий обробіток, що сприяє заробці післяжнивних решток, стимулює проростання падалиці та бур'янів, а також покращує накопичення вологи в осінньо-зимовий період. За значної забур'яненості багаторічними коренепаростковими видами доцільним є проведення повторного лущення або застосування гербіцидів суцільної дії відповідно до інтегрованої системи захисту рослин [18].

Основний обробіток ґрунту доцільно виконувати восени після завершення процесів мінералізації рослинних решток. На більшості чорноземів України оптимальною є оранка на глибину 25-30 см, а на ущільнених або деградованих ґрунтах ефективним є глибоке розпушування до 35-40 см без обороту пласта. Такі технології забезпечують покращення структурного стану ґрунту, активізують інфільтрацію атмосферних опадів і створюють сприятливі умови для розвитку потужної кореневої системи. Проведення глибокого безпліцевого розпушування сприяє накопиченню ґрунтової вологи, а внесення органічних добрив покращує водно-фізичні властивості ґрунту та підвищує продуктивність топінамбуру [19].

Сучасна концепція сталого землеробства передбачає диференційований підхід до вибору системи обробітку залежно від типу ґрунту, ступеня його ущільнення та кліматичних умов регіону. На легких структурних ґрунтах із достатньою біологічною активністю дедалі ширше застосовують мінімальний обробіток, який дає змогу зменшити витрати пального, зберегти ґрунтову вологу та обмежити розвиток водної і вітрової ерозії. Разом із тим, більшість дослідників наголошує, що повний перехід на технології No-till для топінамбуру поки що є недостатньо вивченим через специфіку формування бульб і труднощі механізованого збирання [20, 21].

Ефективність вирощування топінамбуру значною мірою залежить від якості підготовки ґрунту перед садінням, оскільки рівномірне розміщення бульб у добре сформованому посівному ложі забезпечує дружне проростання, інтенсивний початковий ріст рослин та формування вирівняного за продуктивністю агроценозу. Передпосадковий обробіток має створювати дрібногрудочкувату структуру верхнього шару ґрунту, достатньо ущільнене посівне ложе та вирівняну поверхню поля, що особливо важливо у разі використання сучасних картопле- і бульбосадильних машин із точним дозуванням посадкового матеріалу. Наявність великих грудочок, нерівностей або ущільнених прошарків погіршує рівномірність глибини загортання бульб, що негативно впливає на польову схожість, вирівняність сходів і подальшу продуктивність культури [11, 16].

Після настання фізичної стиглості ґрунту навесні доцільно провести ранньовесняне боронування з метою закриття вологи, після чого – передпосадкову культивування на глибину 10-12 см із одночасним вирівнюванням поверхні поля. За потреби цей технологічний захід поєднують із локальним внесенням або зароблянням мінеральних добрив у зону майбутнього розміщення бульб, що забезпечує кращу доступність елементів живлення на початкових етапах росту рослин.

У сучасних технологіях вирощування топінамбуру дедалі більшого значення набувають заходи, спрямовані на підтримання родючості та збереження органічної речовини ґрунту. Для цього рекомендується максимально використовувати післяжнивні рештки попередника, сидеральні культури та органічні добрива. Поєднання глибокого основного обробітку із систематичним внесенням органічної речовини сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, підвищенню його біологічної активності, поліпшенню водоутримувальної здатності та більш ефективному використанню поживних речовин рослинами. Такі підходи відповідають сучасним принципам кліматично орієнтованого землеробства та є важливим чинником довготривалого збереження родючості ґрунтів [19, 22].

Таким чином, система обробітку ґрунту під топінамбур має бути адаптованою до конкретних ґрунтово-кліматичних умов і базуватися на поєднанні глибокого основного обробітку, ефективної передпосадкової підготовки та заходів щодо збереження структури і органічної речовини ґрунту. Використання диференційованих систем обробітку залежно від ступеня ущільнення ґрунту, рівня його забезпеченості вологою та особливостей попередника створює оптимальні умови для формування високої врожайності бульб і надземної біомаси.

Оптимізація мінерального живлення. Оптимізація системи мінерального живлення є одним із вирішальних чинників реалізації продуктивного потенціалу топінамбуру (рис. 4). Висока врожайність бульб і значне накопичення надземної біомаси супроводжуються інтенсивним винесенням елементів живлення з ґрунту, що потребує науково обґрунтованого застосування органічних і мінеральних добрив. Сучасна концепція удобрення передбачає не лише компенсацію виносу поживних речовин, а і підтримання родючості ґрунту, підвищення ефективності використання добрив та мінімізацію негативного впливу на довкілля [15, 23].

Топінамбур характеризується потужною кореневою системою, здатною засвоювати поживні речовини з глибоких горизонтів ґрунту, завдяки чому культура відзначається вищою ефективністю використання елементів живлення порівняно з багатьма іншими бульбоплідними рослинами. Одночасно, формування високих рівнів урожайності (40-80 т/га бульб та 40-70 т/га зеленої маси) супроводжується значним споживанням азоту, фосфору і калію. Як зазначають Milica et al. [24], рівень мінерального живлення є одним із головних факторів, що визначають продуктивність культури, особливо за інтенсивних технологій вирощування (рис. 5).

Найбільше значення для росту і розвитку топінамбуру має азот. Він бере участь у формуванні листового апарату, синтезі хлорофілу, білків і ферментів, забезпечуючи інтенсивний ріст надземної маси на початкових етапах органогенезу. Проте надмірне азотне живлення може призводити до надмірного розвитку вегетативної маси, затримки бульбоутворення та зниження вмісту сухих речовин та інуліну в бульбах. Установлено, що оптимальні норми азоту забезпечують максимальне поєднання врожайності бульб і їх технологічної якості, а перевищення оптимального рівня призводить до зменшення коефіцієнта використання азоту та погіршення економічної ефективності виробництва [25].



Рис. 4. Оптимізація мінерального живлення топінамбуру

Фосфор має важливе значення у формуванні кореневої системи, формуванні стolonів і накопиченні запасних вуглеводів. Достатнє фосфорне живлення прискорює початковий розвиток рослин, покращує енергетичний обмін і сприяє формуванню більшої кількості товарних бульб. Особливо важливим є забезпечення рослин доступними формами фосфору на ранніх етапах росту, коли відбувається закладення генеративних і вегетативних органів [26].

Калій належить до елементів, потреба в яких у топінамбурі є найвищою. Він регулює водний режим рослин, активізує синтез і транспорт вуглеводів, підвищує посухостійкість, зимостійкість бульб і стійкість до патогенів. Достатнє калійне живлення забезпечує більш ефективне накопичення інуліну та сухої речовини в бульбах, що особливо важливо за використання культури для харчових і переробних цілей [27].



Рис. 5. Значення елементів живлення у формуванні продуктивності топінамбуру

Винос елементів мінерального живлення топінамбуром визначається рівнем урожайності, співвідношенням між бульбами та надземною біомасою, тривалістю вегетаційного періоду, сортовими особливостями та ґрунтово-кліматичними умовами вирощування. Завдяки добре розвиненій кореневій системі культура характеризується високою здатністю засвоювати поживні речовини навіть із глибоких шарів ґрунту, що частково пояснює її відносно невисоку вибагливість до родючості ґрунтів. Одночасно, за формування високої врожайності бульб і значної надземної біомаси потреба рослин у макроелементах істотно зростає, особливо щодо азоту і калію, які мають вирішальне значення у накопиченні сухої речовини та інуліну [9, 10].

Топінамбур позитивно реагує на збалансоване мінеральне живлення, проте ефективність удобрення значною мірою залежить від природної забезпеченості ґрунту елементами живлення. Надмірне внесення азотних добрив не завжди супроводжується пропорційним підвищенням урожайності бульб і може стимулювати надмірний розвиток надземної маси, затримувати досягання рослин та знижувати вміст сухої речовини у бульбах. Натомість достатнє калійне живлення сприяє поліпшенню водного режиму рослин, інтенсивності фотосинтезу та накопиченню запасних вуглеводів [11, 16].

Норми мінеральних добрив рекомендується визначати на основі результатів агрохімічного аналізу ґрунту із застосуванням балансового або розрахункового методів. Такий підхід дозволяє врахувати запланований рівень урожайності, фактичні запаси доступних форм поживних речовин, коефіцієнти їх використання з ґрунту і добрив, а також післядію органічних добрив і попередників. Використання розрахункового методу є одним із базових елементів сучасних технологій точного землеробства, спрямованих на підвищення ефективності використання добрив і мінімізацію негативного впливу на довкілля [9, 16].

На ґрунтах із середнім рівнем забезпеченості елементами живлення більшість європейських дослідників рекомендують застосовувати помірні норми азотних добрив, а забезпечення рослин фосфором і калієм коригують залежно від результатів агрохімічного обстеження. При цьому особливу увагу приділяють підтриманню оптимального калійного режиму ґрунту, оскільки саме калій забезпечує ефективне формування бульб, регулює водний обмін і сприяє накопиченню вуглеводів. За високого рівня природної забезпеченості ґрунту рухомими формами фосфору і калію ефективність додаткового внесення цих елементів істотно знижується [10, 11].

Азотні добрива доцільно вносити диференційовано. Основну їх частину використовують до садіння або під час передпосадкового обробітку ґрунту, решту, за потреби, використовують у вигляді підживлення на початкових етапах інтенсивного росту рослин. Такий розподіл забезпечує більш повне використання азоту рослинами, зменшує непродуктивні втрати внаслідок вимивання і денітрифікації та сприяє підвищенню ефективності азотного живлення. Фосфорні і калійні добрива, враховуючи їх меншу рухомість у ґрунті, вносять переважно під основний обробіток ґрунту, що забезпечує їх рівномірне розподілення в орному шарі та доступність для кореневої системи впродовж вегетації [16].

Поряд із макроелементами важливе значення у формуванні продуктивності культури мають мікроелементи. Хоча потреба топінамбуру в них є порівняно невисокою, дефіцит бору, цинку, марганцю чи молібдену може обмежувати інтенсивність фотосинтезу, ферментативних процесів і накопичення запасних вуглеводів. На ґрунтах із низькою забезпеченістю мікроелементами ефективним агротехнічним заходом є проведення позакоренових підживлень комплексними мікродобривами, особливо в період інтенсивного наростання листової поверхні, коли потреба рослин у фізіологічно активних елементах суттєво зростає [9].

Сучасні системи удобрення дедалі частіше ґрунтуються на поєднанні мінеральних добрив із органічними, сидеральними культурами та біологічними препаратами. Такий інтегрований підхід забезпечує не лише підвищення врожайності бульб і біомаси, а і покращення фізичних властивостей ґрунту, збільшення вмісту органічної речовини, активізацію мікробіологічної активності та стабілізацію кругообігу поживних речовин. Для багаторічних енергетичних культур, до яких належить топінамбур, інтегроване управління родючістю ґрунту розглядається як один із найбільш перспективних напрямів адаптації технологій вирощування до сучасних кліматичних змін [11, 16].

Таким чином, система мінерального живлення топінамбуру має базуватися на результатах агрохімічного обстеження ґрунту, враховувати біологічні особливості сорту, запланований рівень урожайності та ефективність використання поживних речовин рослинами. Збалансоване забезпечення культури макро- і мікроелементами сприяє формуванню високої врожайності бульб і надземної біомаси, підвищенню накопичення сухої речовини та інуліну, а також забезпечує високу агрономічну і екологічну ефективність технології вирощування.

Технологія садіння. Вибір якісного садивного матеріалу, оптимальних строків висадки, глибини загортання та схеми розміщення рослин значною мірою визначає рівномірність сходів, конкурентоспроможність культури щодо бур'янів і ефективність використання вологи та елементів живлення [6].

Основним способом розмноження топінамбуру у виробничих умовах залишається висадка бульб або їх фрагментів із добре розвиненими бруньками. Для садіння рекомендують використовувати здорові, неущоджені, типової для сорту форми бульби без ознак механічних пошкоджень, гнилей чи ураження шкідниками. Особливу увагу приділяють калібруванню садивного матеріалу, адже вирівняні за масою бульби забезпечують більш дружне проростання, вирівняність рослин та рівномірне формування врожаю. Найчастіше для промислового вирощування використовують бульби масою 40-80 г, хоча залежно від сорту допускається використання дещо більших або менших фракцій. Дослідження розміру садивних бульб показали, що збільшення їх маси позитивно впливає на початковий ріст рослин, кількість пагонів і врожайність бульб, проте надто великі бульби економічно менш ефективні через підвищення витрат на посадковий матеріал [28].

У світовій практиці застосовують як весняне, так і осіннє садіння (рис. 6). Весняне садіння є найбільш поширеним у країнах із помірним кліматом, оскільки забезпечує кращий контроль за станом садивного матеріалу та зменшує ризик його пошкодження несприятливими зимовими умовами. До садіння приступають після прогрівання ґрунту до 6-8°C, коли створюються сприятливі умови для проростання бульб. Осіннє садіння можливе у регіонах із м'якими зимами або за достатнього снігового покриву. Її перевагою є більш ранній початок весняної вегетації, краще використання запасів зимової вологи та можливість більш рівномірного розподілу польових робіт. Разом із тим, у районах з частими зимовими відлигами та наступним різким зниженням температури зростає ризик випадання рослин через підмерзання або загнивання бульб, тому доцільність осіннього садіння визначається місцевими ґрунтово-кліматичними умовами.

Глибину загортання бульб встановлюють залежно від механічного складу ґрунту, його вологості та строків садіння. На легких супіщаних ґрунтах бульби рекомендують висаджувати глибше (10-15 см), що сприяє кращому забезпеченню вологою та формуванню більш потужної кореневої системи. На важких суглинкових ґрунтах оптимальна глибина становить 6-10 см, оскільки надмірне загортання може затримувати появу сходів та погіршувати аерацію ґрунту. За осіннього садіння допускається більш глибоке розміщення бульб для підвищення їх зимостійкості [29].

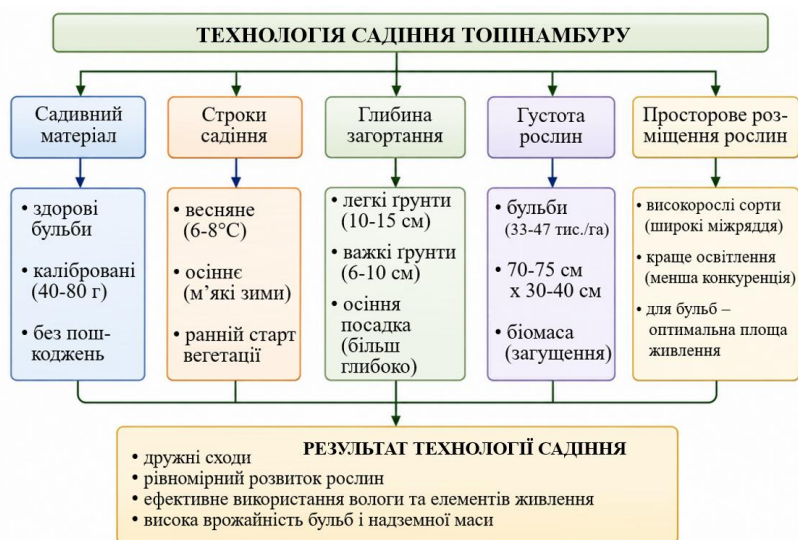


Рис. 6. Технологія садіння топінамбуру

Густота рослин і схема висадки визначаються напрямом використання культури, біологічними особливостями сорту та рівнем ресурсного забезпечення технології. Для вирощування бульб рекомендують густоту близько 33-47 тис. рослин/га, що досягається за міжряддя 70-75 см і відстані між рослинами в рядку 30-40 см. За вирощування культури переважно на біомасу густоту стояння доцільно збільшувати, а для виробництва товарних бульб надмірне загущення призводить до посилення внутрішньовидової конкуренції, формування більш дрібних бульб та ускладнює механізоване збирання. Одночасно, надмірно зріджені посіви недостатньо використовують площу живлення і сонячну радіацію, що також знижує загальну продуктивність агроценозу.

В останні роки все більше уваги приділяють оптимізації просторового розміщення рослин залежно від морфотипу сорту та цільового використання культури. Для високорослих сортів із потужною надземною масою рекомендують широкі міжряддя, які забезпечують краще освітлення посівів і зменшують конкуренцію між рослинами. Для сортів, орієнтованих на отримання бульб, найбільш важливо забезпечити оптимальну площу живлення для формування більш вирівняної продукції [6].

Таким чином, технологія садіння топінамбуру має передбачати використання високоякісного каліброваного садивного матеріалу, вибір строків садіння відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, оптимальну глибину загортання бульб та густоту рослин, що відповідає напрямку використання культури. Комплексне використання зазначених елементів забезпечує дружнє проростання, ефективне використання природних ресурсів і формування високої врожайності бульб та надземної біомаси.

Технологія збирання надземної маси. Надземна маса топінамбуру є цінною сировиною кормового та енергетичного призначення (рис. 7). Висока продуктивність культури, значний вміст структурних вуглеводів, добра облистяність і здатність формувати значну кількість сухої речовини дають змогу використовувати її для виробництва зеленого корму, силосу, сінажу, біогазу, паливних пелет та інших видів біопалива. Одночасно, ефективність використання надземної маси значною мірою визначається правильним вибором строків її збирання, оскільки в процесі онтогенезу істотно змінюються врожайність, співвідношення листків і стебел, вміст протеїну, клітковини, лігніну та вологість рослинної сировини [30].

Для використання топінамбуру як зеленого корму оптимальним вважають період від фази бутонізації до початку цвітіння. Саме в цей час рослини характеризуються максимальним вмістом сирого протеїну, високою перетравністю органічної речовини, значною концентрацією розчинних цукрів і відносно невисоким вмістом лігніну. У міру старіння рослин частка стебел зростає, а кормова цінність зеленої маси поступово знижується через накопичення структурних вуглеводів і зменшення вмісту легкоперетравних поживних речовин. За інтенсивного кормового використання можливе проведення двох або навіть декількох укосів за сезон, проте це супроводжується зменшенням урожайності бульб унаслідок відтоку пластичних речовин на відновлення надземної маси [31].



Рис. 7. Технологія збирання надземної маси топінамбуру

Для заготівлі силосу найбільш доцільним є скошування рослин у фазі початку або масового цвітіння. У цей період формується оптимальне співвідношення між урожайністю зеленої маси, вмістом сухої речовини та концентрацією водорозчинних вуглеводів, необхідних для нормального перебігу молочнокислого бродіння. Надземна маса топінамбуру добре силосується як самостійно, так і в суміші з кукурудзою, злаковими або бобовими культурами, що дозволяє покращити поживну цінність корму та оптимізувати процес ферментації. Дослідження свідчать, що силос із топінамбуру за поживністю наближається до кукурудзяного, а в окремих випадках характеризується вищим умістом перетравного протеїну [32].

Особливості використання топінамбуру як енергетичної культури визначаються іншими вимогами до строків збирання. Для виробництва паливних пелет, брикетів або твердого біопалива важливими є максимальний вихід сухої речовини, високий вміст целюлози та лігніну, низька вологість біомаси і мінімальна концентрація мінеральних елементів, що впливають на зольність палива. У зв'язку з цим рекомендовано проводити збирання після завершення вегетації, коли відбувається природне відмирання листків і часткове висихання стебел. У цей період значна частина поживних речовин уже переміщується до бульб, вологість надземної маси суттєво знижується, а витрати енергії на досушування біомаси перед гранулюванням значно скорочуються.

У країнах Європейського Союзу дедалі ширше використовується одноразове літньо-осіннє або пізньоосіннє збирання енергетичної біомаси. Польські дослідники встановили, що одноразове скошування наприкінці літа забезпечує найбільший урожай сухої речовини та найвищу енергетичну ефективність виробництва біомаси порівняно з дворазовим укосом протягом вегетації. Дворазове скошування підвищує витрати на вирощування, знижує сумарний вихід сухої речовини та погіршує енергетичний баланс технології, хоча може бути доцільним за комбінованого використання культури на кормові та енергетичні потреби [33].

Для виробництва паливних пелет рекомендується заготовляти стебла після природного підсихання або після перших слабких заморозків, коли вологість рослинної маси зменшується до 20-30%. За таких умов підвищується частка структурних полісахаридів, знижується вміст легкорозчинних речовин і мінеральних компонентів, що позитивно впливає на теплотворну здатність, механічну міцність гранул і зменшує зольність палива. За необхідності сировину додатково досушують до вологості 10-15%, яка є оптимальною для гранулювання [25].

Отже, строки скошування надземної маси топінамбуру потрібно визначати відповідно до напрямку її використання. Для зеленого корму найкращим є період бутонізації – початку цвітіння, коли забезпечуються максимальна поживна цінність і висока перетравність. Для силосування оптимальним є початок або масове цвітіння, що забезпечує оптимальний вміст сухої речовини та цукрів для ферментації. За вирощуванні культури для виробництва паливних пелет доцільно проводити збирання після завершення вегетації або після природного підсихання рослин, коли формується максимальний вихід сухої біомаси та досягаються найкращі енергетичні показники сировини.

Збирання бульб. Збирання бульб топінамбуру є одним із найскладніших етапів технології вирощування культури через особливості формування підземної продукції. На відміну від картоплі, бульби топінамбуру характеризуються значною мінливістю форми та розміру, нерівномірним просторовим розміщенням у ґрунті, більшою глибиною залягання (до 30-35 см), а також міцним прикріпленням до столонів. Саме ці особливості значно ускладнюють механізоване збирання та призводять до збільшення втрат урожаю за використання стандартної картоплезбиральної техніки [34].

У більшості господарств спеціалізовані машини для збирання топінамбуру відсутні, тому найчастіше використовують серійні картоплекопачі або картоплезбиральні комбайни, конструкцію яких адаптують до морфологічних особливостей культури. Практика показує, що ефективність роботи значно підвищується після модернізації підкопувальних органів, збільшення ширини захвату лемеша, зміни кута його встановлення, посилення вібрації сепарувальних решіток та оптимізації швидкості транспортування вороху. Такі конструктивні рішення забезпечують більш повне підкопування гнізд бульб, покращують відділення ґрунту та зменшують втрати продукції [35].

Сучасні дослідження із застосуванням методу дискретних елементів свідчать, що оптимізація геометрії викопувального робочого органу та використання вібраційних копачів дозволяють істотно знизити тяговий опір, покращити сепарацію ґрунту та підвищити повноту вилучення бульб із ґрунту. Найкращі результати отримано при використанні S-подібних вібруючих робочих органів, які забезпечують більш рівномірний рух ґрунтово-бульбової маси, зменшують ущільнення потоку матеріалу та знижують ризик механічних пошкоджень [34].

Для господарств різного масштабу доцільним є використання різних технічних засобів. У невеликих фермерських господарствах застосовують однорядні або дворядні картоплекопачі елеваторного чи вібраційного типу, агреговані з тракторами тягового класу 0,9-1,4. У середніх та великих підприємствах економічно виправданим є використання адаптованих картоплезбиральних комбайнів, оснащених системами очищення вороху, регулювання швидкості транспортерів та додатковими пристроями для делікатного транспортування бульб. Універсальні комбайни забезпечують високу продуктивність, проте потребують ретельного налаштування відповідно до фізико-механічних властивостей ґрунту, вологості та біологічних особливостей сорту.

Важливим завданням під час збирання є мінімізація механічних пошкоджень бульб. Незважаючи на відносно товсту шкірку більшості сучасних сортів, сильні удари, стискання або тертя можуть призводити до появи тріщин і прихованих ушкоджень тканин, що погіршує товарні якості продукції, знижує лежкість та створює умови для розвитку грибних і бактеріальних інфекцій під час зберігання. Рівень механічного травмування визначається конструкцією машини, швидкістю руху агрегату, частотою коливань сепарувальних пристроїв, висотою падіння бульб та вологістю ґрунту [34].

Для зменшення пошкоджень рекомендується проводити збирання за фізичної стиглості бульб після природного відмирання надземної маси або її попереднього скошування за 10-15 діб до початку робіт. За цей період шкірка набуває більшої механічної міцності, що підвищує стійкість бульб до механічних навантажень. Не менш важливим є проведення збирання за оптимальної вологості ґрунту, коли забезпечується якісне розпушування пласта без утворення великих грудок і надмірного налипання ґрунту на робочі органи машини [36].

Під час налаштування збиральної техніки доцільно зменшувати швидкість руху агрегату до 2-4 км/год., регулювати інтенсивність вібрації сепарувальних органів залежно від механічного складу ґрунту та мінімізувати висоту падіння бульб на транспортери і в приймальні бункери. Використання гумових покриттів, еластичних транспортерних стрічок та амортизувальних елементів дозволяє суттєво знизити ударні навантаження, особливо під час збирання продукції, призначеної для тривалого зберігання або реалізації у свіжому вигляді.

Перспективним напрямом розвитку механізації є створення спеціалізованих збиральних машин для топінамбуру із застосуванням цифрового моделювання робочих органів, систем автоматичного регулювання параметрів роботи залежно від умов поля та технологій точного землеробства. Такі рішення забезпечують зменшення втрат урожаю, скорочення енерговитрат і підвищення якості зібраної продукції, що є особливо актуальним в умовах промислового вирощування культури [34].

Організація зберігання продукції. Організація зберігання бульб топінамбуру (рис. 8) є одним із найбільш проблемних елементів технології вирощування культури, оскільки навіть за дотримання оптимальних умов їх лежкість істотно поступається картоплі та більшості інших бульбоплідних культур. Це обумовлено специфічними анатомо-фізіологічними особливостями бульб, зокрема тонким шаром перидерми, високою інтенсивністю дихання, значним вмістом води (75-82%), високою активністю ферментативних процесів та переважанням інуліну як основного запасного вуглеводу. Унаслідок цього після збирання швидко відбуваються втрата тургору, інтенсивне випаровування вологи, активація мікрофлори та погіршення товарних і технологічних властивостей продукції [9, 14, 37].

Фізіологічною особливістю топінамбуру є відсутність тривалого періоду глибокого спокою. Бульби характеризуються високою метаболічною активністю навіть після відокремлення від рослини, тому процеси дихання та використання запасних вуглеводів тривають практично безперервно. За підвищених температур інулін поступово гідролізується до фруктози, що призводить до зміни хімічного складу, збільшення вмісту розчинних цукрів, погіршення технологічних властивостей та прискорення проростання. Одночасно інтенсивне транспіраційне висихання призводить до зморшкватості поверхні бульб, втрати маси та зниження товарної якості [9, 10].



Рис. 8. Основні чинники та технологічні способи організації зберігання бульб топінамбуру

Важливим фактором збереження продукції є мінімізація механічних пошкоджень під час збирання та транспортування. Навіть незначні тріщини, подряпини чи удари стають місцем проникнення фітопатогенних грибів і бактерій, що різко прискорює розвиток мокрих та сухих гнилей. Саме тому для тривалого зберігання рекомендується використовувати лише здорові, фізіологічно зрілі бульби без механічних пошкоджень, ознак хвороб або підморожування.

Найпростішою технологією є зберігання у польових кагатах, яке широко використовується у господарствах помірної кліматичної зони. Бульби закладають у невеликі бурти або траншеї на добре дренованих ділянках із наступним укриттям соломом та шаром ґрунту. Такий спосіб забезпечує підтримання температури близько 0...+2°C і достатньо високої відносної вологості повітря (90-95%), що значно уповільнює фізіологічні процеси. Основними перевагами кагатного зберігання є низькі капітальні витрати та можливість тривалого утримання продукції без використання спеціалізованих холодильних установок. Разом із тим, ефективність такого способу значною мірою залежить від погодних умов, якості вентиляції та захисту від надлишкового зволоження і промерзання [14, 38].

Більш досконалим способом є зберігання у стаціонарних овочесховищах із підтриманням контрольованого температурно-вологісного режиму. Оптимальними вважаються температура від 0 до +1°C та відносна вологість повітря 95-98%. За таких умов інтенсивність дихання істотно знижується, уповільнюється деградація інуліну, мінімізуються втрати вологи та пригнічується розвиток більшості патогенних мікроорганізмів. Для зберігання використовують контейнери, ящики або насипний спосіб із висотою шару не більше 1,5-2,0 м та постійною циркуляцією охолодженого повітря [37].

Перспективним напрямом є застосування сховищ із регульованим газовим середовищем (Controlled Atmosphere, CA). Зниження концентрації кисню до 2-5% та підвищення вмісту діоксиду вуглецю до 3-5% суттєво пригнічує процеси дихання, уповільнює ферментативне розщеплення інуліну, зменшує інтенсивність проростання та подовжує період зберігання. Використання технології CA особливо доцільне для продукції, що призначена для харчової промисловості, виробництва функціональних продуктів або тривалого комерційного зберігання. Разом із тим, висока вартість обладнання обмежує широке впровадження цієї технології, тому вона використовується переважно на великих переробних підприємствах [39].

Особливістю топінамбуру, яка вигідно вирізняє його від більшості бульбових культур, є можливість залишення бульб у ґрунті протягом зимового періоду. Завдяки високій морозостійкості бульби здатні витримувати зниження температури ґрунту до $-25...-35^{\circ}\text{C}$ за наявності стабільного снігового покриву без істотного зниження життєздатності. Такий спосіб фактично забезпечує природне зберігання продукції без додаткових витрат на будівництво сховищ та енергоресурси. Весняне викопування часто дозволяє отримати бульби з підвищеним вмістом фруктози внаслідок часткового гідролізу інуліну, що позитивно впливає на їх смакові властивості. Разом із тим, залишення врожаю в полі має певні обмеження. У районах із частими зимовими відлигами та повторним замерзанням ґрунту зростає ризик механічного пошкодження тканин, розвитку гнилей, втрат від гризунів, а також ускладнюється ранньовесняне збирання через перезволоження ґрунту. Крім того, частина бульб неминуче залишається в полі, що призводить до засмічення наступних культур падалицею топінамбуру та ускладнює дотримання сівозміни [10, 29].

Для зменшення післязбиральних втрат сучасні технології рекомендують комплексний підхід, який включає делікатне механізоване збирання, швидке охолодження продукції після викопування, сортування із видаленням пошкоджених бульб, підтримання високої відносної вологості повітря та постійного температурного режиму. Поєднання цих заходів дозволяє зберегти товарні, технологічні та біохімічні властивості бульб протягом 3-6 місяців у сховищах, а залишення їх у ґрунті забезпечує практично безперервне використання врожаю до початку нового вегетаційного сезону.

Висновки:

1. Топінамбур є однією з найбільш перспективних нішевих культур завдяки високій екологічній пластичності, посухо- та холодостійкості, потужній кореневій системі, здатності ефективно використовувати природні ресурси і формувати сталі врожаї навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов.

2. Біологічні особливості культури, значне генетичне різноманіття та сучасні напрями селекції створюють передумови для виведення високопродуктивних сортів універсального призначення з підвищеним вмістом інуліну, високою продуктивністю біомаси та стійкістю до біотичних і абіотичних стресів.

3. Реалізація продуктивного потенціалу топінамбуру забезпечується комплексним застосуванням науково обґрунтованих елементів технології вирощування, що включають правильний добір попередників, раціональну систему обробітку ґрунту, збалансоване мінеральне живлення, використання якісного садивного матеріалу та оптимальні параметри садіння.

4. Ефективність використання культури значною мірою визначається дотриманням оптимальних строків і технологій збирання надземної маси та бульб залежно від напрямку використання, а також застосуванням сучасних способів зберігання, спрямованих на мінімізацію втрат продукції та збереження її якості.

5. Поєднання високої врожайності, багатofункціональності, цінного біохімічного складу, придатності для виробництва харчової продукції, кормів, біоенергії та здатності ефективно використовувати малопродуктивні землі дозволяє розглядати топінамбур як важливий елемент розвитку кліматично орієнтованого, ресурсоощадного та сталого аграрного виробництва.

1. Rossini F., Provenzano M. E., Kuzmanović L., Ruggeri R. Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Versatile and Sustainable Crop for Renewable Energy Production in Europe. *Agronomy*. 2019. Vol. 9(9). P. 528. DOI: 10.3390/agronomy9090528.
2. Rubel I. A., Iraporda C., Manrique G. D., Genovese D. B., Abraham A. G. Inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): From its biosynthesis to its application as bioactive ingredient. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2021. Vol. 26(221). P. 100281. DOI: 10.1016/j.bcdf.2021.100281.
3. Puangbut D., Jogloy S., Vorasoot N., Craig K. Root distribution pattern and their contribution in photosynthesis and biomass in Jerusalem artichoke under drought conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 2018. Vol. 50(3). P. 879-886.
4. Sawicka B., Pszczółkowski P. Characteristics of the Jerusalem Artichoke. *Jerusalem Artichoke Food Science and Technology: Helianthus Tuberosus*. Singapore: Springer Nature Singapore. 2022. P. 7-44. DOI: 10.1007/978-981-19-0805-7_2.
5. Abdalla N., Arafat N., Taha H. et al. An overview on anatomy of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Environment, Biodiversity and Soil Security*. 2021. Vol. 5. P. 121-130. DOI: 10.21608/jenvbs.2021.74585.1136.
6. Liava V., Karkanis A., Danalatos N., Tsiropoulos N. Cultivation Practices, Adaptability and Phytochemical Composition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): A Weed with Economic Value. *Agronomy*. 2021. Vol. 11(5). P. 914. DOI: 10.3390/agronomy11050914.
7. Diederichsen A. Phenotypic Diversity of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Germplasm Preserved by the Canadian Genebank. *Helia*. 2010. Vol. 33(53). P. 1-16. DOI: 10.2298/HEL1053001D.
8. Wangsomnuk P. P., Khampa S., Wangsomnuk P. et al. Genetic diversity of worldwide Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) germplasm as revealed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Research*. 2011. Vol. 10(4). P. 4012-25. DOI: 10.4238/2011.December.12.4.
9. Kays S. J., Nottingham S. F. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke: *Helianthus tuberosus* L. CRC Press : Boca Raton, FL, USA, 2007. 496 p.
10. Baldini M., Danuso F., Turi M., Vannozzi G. P. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Industrial Crops and Products*. 2004. Vol. 19(1). P. 25-40.
11. Monti A., Amaducci M. T., Venturi G. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 23(2). P. 136-145. DOI: 10.1016/j.eja.2004.11.001.
12. Denoroy P. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L.: a model oriented view. *Biomass and bioenergy*. 1996. Vol. 11(1). P. 11-32. DOI: 10.1016/0961-9534(96)00006-2.
13. Boland G. J., Hall R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1994. Vol. 16(2). P. 93-108. DOI: 10.1080/07060669409500766.

14. Kosaric N., Wieczorek A., Cosentino G. P., Duvnjak Z. Industrial processing and products from the Jerusalem artichoke. *Agricultural Feedstock and Waste Treatment and Engineering*. 2005. P. 1-24. DOI: 10.1007/BFb0009523.
15. Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В. Сучасний стан родючості ґрунтів Степу України та шляхи її відтворення. *Наукові праці: науково-методичний журнал. Екологія*. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2009. Т. 107. Вип. 94. С. 34-36.
16. Cosentino S. L., Copani V., Patané C., Mantineo M., D'Agosta G. M. Agronomic, Energetic and Environmental Aspects of Biomass Energy Crops Suitable for Italian Environments. *Italian Journal of Agronomy*. 2008. Vol. 3(2). P. 81-95.
17. Dumitru I., Nenciu F., Grigore A. I. et al. Research of the main processing works for establishing a jerusalem artichoke crop on difficult and contaminated soils. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*. 2021. Vol. 50(2). P. 286-290.
18. Мостов'як І. І. Інтегрована система захисту рослин у формуванні збалансованих агроєкосистем. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 77-86. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2020.203932.
19. Awad A. M., Sweed A. A. A. Influence of Organic Manures on Soil Characteristics and Yield of Jerusalem Artichoke. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2020. Vol. 51(8). P. 1101-1113. DOI:10.1080/00103624.2020.1751189.
20. Hobbs P. R., Sayre K., Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. Vol. 363(1491). P. 543-555. DOI: 10.1098/rstb.2007.2169.
21. Liu S., Zhao C., Zhang Y. et al. Annual net greenhouse gas balance in a halophyte (*Helianthus tuberosus*) bioenergy cropping system under various soil practices in Southeast China. *GCB Bioenergy*. 2015. Vol. 7(4). P. 690-703. DOI: 10.1111/gcbb.12185.
22. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at Breaking Point (SOLAW 2021). Rome: FAO, 2022. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/55def12b-2a81-41e5-91dc-ac6c42f1cd0f>.
23. Сидякіна О. В., Підручна Д. В. Живлення рослин на засадах ресурсозбереження як запорука ефективного агровиробництва. *Сучасні вектори розвитку аграрної науки*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17-18 вересня 2024 р. Херсон – Кропивницький, 2024. С. 162-167.
24. Milica D. I. M. A., Diaconu A., Paraschivu M. et al. The impact of cultivation system on nutritional quality of Jerusalem artichoke tubers cultivated in semiarid marginal areas. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2023. Vol. 51(2). P. 13210-13210. DOI: 10.15835/nbha51213210.
25. Jankowski K. J., Dubis B. Jerusalem artichoke: Nitrogen fertilization strategy and energy balance in the production technology of aerial biomass. *Energies*. 2024. Vol. 17(20). P. 5202. DOI: 10.3390/en17205202.
26. Сидякіна О. В., Ковтун Д. М. Виробництво і застосування фосфорних добрив. *Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімат*: Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції Міжнародного форуму. м. Миколаїв, 27-28 травня 2021 р. Миколаїв: МНАУ, 2021. С. 211-213.
27. Stea D., Sellami M. H., Ruta C., Pulvento C., De Mastro G. Cropping practices of globe artichoke: A bibliometric study. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Vol. 7. P. 1274714. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1274714.
28. Li M., Mendoza J. D. S., Ming L. C. Effects of the propagule size on the tuberous rhizome production and physicochemical characteristics of Jerusalem artichoke. *Revista de Agricultura Neotropical*. 2020. Vol. 7(2). P. 34-39. DOI: 10.32404/rea.v7i2.4231.
29. Kosaric N., Cosentino G. P., Wieczorek A., Duvnjak Z. The Jerusalem artichoke as an agricultural crop. *Biomass*. 1984. Vol. 5(1). P. 1-36. DOI: 10.1016/0144-4565(84)90066-0.
30. Qiu Y., Lei P., Zhang Y. et al. Recent advances in bio-based multi-products of agricultural Jerusalem artichoke resources. *Biotechnology for Biofuels*. 2018. Vol. 11(151). P. 1-15. DOI: 10.1186/s13068-018-1152-6.
31. Bogucka B., Dubis B. The Quality of Jerusalem Artichoke Biomass Harvested Twice during the Growing Season in North-Eastern Poland. *Energies*. 2024. Vol. 17(16). P. 4008. DOI: 10.3390/en17164008.
32. Wang Y., Zhao Y., Xue F. Nutritional value, bioactivity, and application potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a neotype feed resource. *Animal Nutrition*. 2020. Vol. 6(4). P. 429-437. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.09.001.
33. Bogucka B., Jankowski K. J. The effect of harvest strategy on the energy potential of Jerusalem artichoke. *Industrial Crops & Products*. 2022. Vol. 177. P. 114473. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.114473.
34. Awuah E., Zhou J., Liang Z. et al. Parametric analysis and numerical optimisation of Jerusalem artichoke vibrating digging shovel using discrete element method. *Soil and Tillage Research*. 2022. Vol. 239. P. 105344. DOI: 10.1016/j.still.2022.105344.
35. Shoumarova M., Abdillayev T., Yusupov Sh. Peculiarities of digging topinambur (Jerusalem artichoke) tubers on the irrigation lands of Uzbekistan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 868. P. 012041. DOI: 10.1088/1755-1315/868/1/012041.
36. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) / compiled by Directorate Plant Production. Pretoria : Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of South Africa, 2011. 8 p.
37. Gunnarsson I. B., Svensson S.-E., Johansson E. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a biorefinery crop. *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 56. P. 231-240. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.03.010.
38. Plangklang T., Tangwongchai R. Quality attribute and antioxidant activity changes of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) during storage at different temperatures. *Journal of Agricultural Science*. 2011. Vol. 44(5). P. 204-212.
39. Rubel I. A., Iraporda C., Novosad R. Inulin rich carbohydrates extraction from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and application of different drying methods. *Food Research International*. 2018. Vol. 103. P. 226-233. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.10.041.