

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра рослинництва

**Науково-практичні рекомендації щодо підбору культур-
фіторемедіантів та технологій їх вирощування**



Київ – 2025

Рекомендації розроблені на основі результатів науково-дослідної роботи №110/8-пр-2024 «Біоремедіація ґрунтів в умовах ризикованого ведення рослинництва в Україні» (номер державної реєстрації 0124U001203) і схвалені науковою радою НДІ рослинництва та ґрунтознавства (протокол № 3 засідання наукової ради НДІ рослинництва та ґрунтознавства НУБіП України від 10 листопада 2025 року).

У рекомендаціях розкрито наукові засади фіторемедіації територій, забруднених унаслідок бойових дій, як екологічно безпечного та стійкого методу відновлення ґрунтів. Цей метод ґрунтується на здатності деяких рослин поглинати, акумулювати та розкладати забруднювачі з ґрунту та води. Здійснено аналіз ефективності різних видів фіторемедіантів, зокрема представників родів *Brassica*, *Helianthus*, *Poaceae*, *Populus* та *Salix*, у контексті вилучення важких металів, нафтопродуктів та вибухонебезпечних речовин. Розглянуто чинники, що впливають на успішність фіторемедіаційних процесів, зокрема тип ґрунту, глибину забруднення, кліматичні умови та агротехнічні заходи.

Автори розробки:

Доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України *Каленська С.М.*, доктор с.-г. наук, професор *Новицька Н.В.*, канд. с.-г. наук, доцент *Юник А.В.*, канд. с.-г. наук, доцент *Гарбар Л.А.*

Рецензенти:

Г. М. Ковалишина, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри генетики, селекції і насінництва ім. проф. М. О. Зеленського Національного університету біоресурсів і природокористування України;

Т. В. Антал, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ	ПОЗНАЧЕНЬ,	СИМВОЛІВ,	
ОДИНИЦЬ	ВИМІРІВ,	СКОРОЧЕНЬ	І	ТЕРМІНІВ..... 4
ВСТУП.....				5
1. СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ				7
2. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК КЛЮЧ ДО ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ТА				
ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ.....				11
3. ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР.....				20
3.1. ВЕРБА (<i>Salix viminalis</i> L.).....				20
3.2. ТОПОЛЯ (<i>Populus</i> L.).....				24
3.3. МІСКАНТУС (<i>Miscanthus x giganteus</i>).....				28
3.4. СІДА БАГАТОРІЧНА (<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby).....				33
3.5. СИЛЬФІЙ ПРОНИЗАНОЛИСТИЙ (<i>Silhium perfoliatum</i> L.)....				36
3.6. ЩАВНАТ (<i>Rumex patientia</i> L. $\times$ <i>Rumex tianshanicus</i> A.Los).....				39
4. ВИРОЩУВАННЯ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР.....				42
4.1. КУКУРУДЗА (<i>Zea mays</i> L.).....				42
4.2. СОРГО ЦУКРОВЕ (<i>Sorghum saccharatum</i> (L.) Moench).....				49
5. ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР.....				54
5.1. СОНЯШНИК (<i>Helianthus cultus sativus</i> Wenz.).....				54
5.2. РІПАК ОЗИМИЙ (<i>Brassica napus oleifera bienis</i> DC.).....				62
5.3. РІПАК ЯРИЙ (<i>Brassica napus oleifera annua</i> Metzd.).....				71
5.4. ГІРЧИЦЯ СИЗА (<i>Brassica juncea</i> Gzern.), ГІРЧИЦЯ БІЛА				
(Sinapis alba L...).....				76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....				80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВДЕ –	відновлювальні джерела енергії
ВМ –	важкі метали
ГДК –	гранично-допустима концентрація
ГТК –	гідротермічний коефіцієнт
д.р. –	діюча речовина
ЕПШ –	економічний поріг шкідливості
ІЛП –	індекс листкової поверхні
ФАР –	фотосинтетична активна радіація

ВСТУП

Війна росії проти України спровокувала широкомасштабну та довготривалу деградацію довкілля, зокрема й ґрунтової екосистеми. Заміновані території (понад 100 тис. кв. км території) вирви від обстрілів, зсуви ґрунту, знищена військова техніка на полях тощо – всі ці явища є сигналами про серйозні порушення ґрунтового покриву з руйнівними наслідками як і для здоров'я ґрунтів, так і людей [2, 6]. Без належного відновлення пошкоджені землі втрачатимуть свої родючі властивості та здатність до самовідновлення. Проте хімічне забруднення та ризики вирощування токсичної продукції взагалі ставлять під сумнів безпечність використання таких земель [8, 19].

Внаслідок збройної агресії відбувається забруднення біоценозів, паливно-мастильними матеріалами, вибуховими речовинами, важкими металами та іншими небезпечними речовинами, що призводить до погіршення стану агробіоценозів та екосистеми постраждалої території. Зокрема, внаслідок забруднення ґрунту важкими металами відбувається їх поглинання сільськогосподарськими культурами. Таким чином, метали потрапляють у трофічний ланцюг кінцевим пунктом якого є людський організм. Особливо небезпечні важкі метали, до яких відноситься Pb, Cd, Hg та інші, мають токсичний вплив на здоров'я людини, спричиняючи різноманітні захворювання, включаючи порушення функцій нервової системи, нирок, печінки та інших органів [1].

Внаслідок конфлікту багато агроландшафтів зазнають руйнівних впливів, зокрема руйнування структури та біоти ґрунтів, спалення лісів та лісосмуг, забруднення водних джерел та земель небезпечними речовинами тощо. Вчені, які досліджують ґрунти та сільське господарство в Україні, стверджують, що в результаті воєнних дій було зруйновано або піддалися частковому руйнуванню щонайменше 10,5 млн гектарів сільськогосподарських угідь, що становить 25 % сільськогосподарських угідь України [17, 20]. Військова діяльність спричиняє широкомасштабну та довготривалу деградацію навколишнього середовища. Досвід країн, на території яких велись чи ведуться військові дії, свідчить про їх потужний вплив на всі компоненти природного середовища, зокрема і на ґрунти. Дослідження продемонстрували, що військові дії мають потужний вплив на стійкість ґрунтів до забруднень, спричинених бойовими діями. Однак наукові розробки в області моніторингу та еколого-геохімічної оцінки стану ґрунтів в умовах військових конфліктів мають фрагментарний характер. Це зумовлює необхідність вирішення проблеми геохімічного аналізу й оцінки екологічного стану територій, які зазнали руйнувань через воєнні дії (Сплодитель та ін., 2023). За даними Державної екологічної інспекції, за час війни понад 280 тис. кв. м ґрунту забруднено сполуками, що становлять загрозу, понад 59 тис. гектарів лісів та інших насаджень випалені ракетами та снарядами [16]. Загалом орієнтовні розрахунки збитків, встановлених

офіційним ресурсом Міністерства довкілля, перевищують 2 трлн 553 млрд грн [13]. Ґрунти та їхній родючий шар формуються впродовж тисяч років і темпи його відновлення є дуже повільними. А в силу того, що війна досі триває ландшафти наших територій змінюються кожного дня і негативний вплив на наші ґрунти ставатиме все більшим [9, 14]. Істотний вплив воєнних дій доведено багатьма вченими [9, 32]. Так, наприклад, дослідження, були проведені в місцях постраждалих від воєнних дій, а саме в Сумському та Охтирському районі Сумської області, показали, що важкі метали, такі як Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Mn, містилися в ґрунті у вищій концентрації в місцях влучання авіабомб та артилерійських снарядів, ніж фонові значення цих елементів в природніх умовах [32].

1. СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ

Як зазначають дослідники Кривицька І. А., Середа М. С., Мірошниченко М. [1-6], основними забруднюючими речовинами, які надходять в ґрунт внаслідок воєнних дій та впливають на продовольчу безпеку є нафтопродукти та важкі метали. Крім того навколо локальних місць забруднення ґрунту існує небезпека забруднення навколишнього середовища за рахунок міграції забруднюючих речовин, зокрема важких металів та нафтопродуктів. Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси.

Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель. Також за результатами оцінки екологічної шкоди від воєнних дій на Україні, проведеної фахівцями ОБСЄ [4] встановлено, що систематичне перевищення над фоновими концентрацій забруднюючих речовин в ґрунтах в місцях бойових дій в 1,1–1,3 рази було відзначено для ртуті, ванадію, кадмію. Характерне максимальне перевищення ГДК за свинцем та цинком становило в середньому у 2 рази та в окремих випадках досягало 7–17 раз. При цьому у ґрунт важкі метали надходять в різних формах: оксиди і різні солі, як розчинні, так і практично нерозчинні в воді (сульфіди, сульфати, арсеніти). Потрапляючи на поверхню ґрунтів, метали можуть або накопичуватися, або розсіюватися в залежності від характеру геохімічних бар'єрів, властивих тій чи іншій території [1].

Науковці Дмитрук та ін., (2023), Копиця та Семенченко (2022) у своїх роботах дійшли висновку, що руйнування ґрунтових ресурсів внаслідок вибухів від снарядів та бомб, які вивільняють велику кількість енергії створюючи високий тиск та ударну хвилю спричиняють випалювання, дроблення та руйнування поверхні ґрунту, що призводить до зниження фізико-хімічних і агрохімічних характеристик ґрунту, зниження біологічної активності та зниження родючості ґрунту [9, 19]. Разом із руйнуванням поверхні ґрунту відбувається забруднення водних ресурсів, наноситься шкода природним та біосферним заповідникам, місцям проживання флори та фауни, зокрема червонокнижної, погіршення стану ґрунту негативно впливає на склад ґрунтової біоти яка знаходиться в ньому [20].

Важливо також розуміти, що забруднення ґрунтів викликається не лише обстрілами, але і пожежами, та ін. [8]. Особливо токсичними джерелами забруднення ґрунту є знищена техніка забезпечення, а саме вантажівки з паливно-мастильними матеріалами, та пошкодження внаслідок масованих обстрілів підприємств хімічної галузі, що знаходяться неподалік від сільськогосподарських угідь [18]. Наслідки забруднення великих території призводить також і до економічних збитків [29].

Забруднення ґрунту вибуховими речовинами, паливом, важкими металами та іншими токсичними сполуками робить їх непридатними для використання та небезпечними для здоров'я. Вибух снаряду – це попадання низки токсичних сполук у ґрунт. За даними фахівців, під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюються чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, закис азоту, діоксид азоту, формальдегід, пари ціанистої кислоти, азот, а також велика кількість токсичної органіки. Ґрунтознавці відзначають систематичне перевищення в 6-8 разів показників ртуті, цинку та кадмію. На місцях обстрілів фіксують високий вміст міді, нікелю, свинцю, фосфору та барію [1]. Ці території залишаються забрудненими свинцем, міддю, цинком, нікелем, сурмою, миш'яком і вісмутом [2]. Токсичні сполуки можуть проникати в ґрунт разом з опадами. Наприклад, сірка – компонент значної частини боєприпасів. Змішуючись з опадами вона перетворюється в ґрунті на небезпечну сірчану кислоту. В атмосфері оксиди сірки та азоту спричиняють кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин.

Заради вирішення проблеми із забрудненням ґрунтів важкими металами та хімічними елементами, науковцями були розроблені методи, які дозволяють відновити родючість ґрунту та зробити його придатним для вирощування сільськогосподарських культур. До найбільш поширених належать фізичні, хімічні, фізикохімічні, біологічні методи очищення ґрунту [27]. Однак, найбільш перспективним та реалістичним у використанні в сучасних умовах України вважається метод фітореміації. Суть методу полягає у поглинанні важких металів рослинами з подальшою утилізацією рослинної продукції. Загалом метод потребує вдосконалення, оскільки переважна більшість важких металів концентрується у кореневій системі рослин, яку досить складно повністю утилізувати [7].

Одним з найперспективніших методів для очищення забруднень вважається фіторемедіація – відновлення ґрунту за допомогою рослин. Фіторемедіація – один з сучасних напрямів використання рослин для очищення ґрунтів та ґрунтових вод від важких металів, радіонуклідів та інших шкідливих сполук. Збройний конфлікт сильно вплинув на здоров'я ґрунту, особливо завдяки використанню механізації та сучасних технологій озброєння. У зв'язку з цим виникла необхідність проведення польових досліджень з відновлення агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту за вирощування польових культур [28, 44].

Фіторемедіація пропонує екологічно чистий та стійкий метод відновлення ґрунтів, забруднених внаслідок бойових дій. Фіторемедіація на місці є економічно ефективним, екологічно чистим, базованим на сонячній енергії перспективним підходом, який користується широким визнанням громадськості [4, 58]. Цей метод ґрунтується на здатності деяких рослин поглинати, акумулювати та розкладати забруднювачі з ґрунту та води. На постраждалих від війни територіях рекомендовано використовувати сучасні технології фіторемедіації з використанням сівозміни рослин-гіперакумуляторів важких металів [5, 60].

Фіторемедіація може успішно використовуватися для очищення ґрунтів від різних типів забруднювачів, включаючи нафтопродукти, важкі метали, вибухівку та бойові отруйні речовини. На відміну від традиційних методів очищення ґрунту, фіторемедіація не шкодить довкіллю. Вона не потребує використання хімічних речовин або енергоємних технологій та, як правило, є більш економічно вигідним методом очищення ґрунту, порівняно з традиційними методами. Крім того, фіторемедіація не лише очищає ґрунт, але й сприяє відновленню природної екосистеми. Рослини, що використовуються для фіторемедіації, можуть покращити структуру ґрунту, збільшити його родючість та привабити корисних комах, слугувати кормовою базою для диких тварин чи використовуватися для біоенергетики. Фіторемедіація може включати додаткові заходи для підвищення її ефективності (наприклад, застосування мікробних препаратів, внесення поживних речовин та органіки тощо) [1, 10, 61].

Важливим етапом фіторемедіації є пошук рослинних об'єктів, чутливих до нафтового забруднення [1, 15]. В Україні активна наукова робота в даному напрямку проводиться вченими Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України ще з початку окупації наших територій, з 2014 року. Проводилася оцінка стану нафтозабруднених ґрунтів методами біотестування та біоіндикації з використанням рослинних тест-об'єктів: льону звичайного, соняшника однорічного та гречки посівної [24]. В подальших дослідженнях в якості фіторемедіантів було випробувано 7 видів рослин (горох польовий, ріпак, райграс, жито посівне, овес посівний, гірчицю білу, боби кормові) та встановлено, що боби кормові є придатними для очищення нафтозабруднених ґрунтів середнього ступеню забруднення (5 %) як самостійний фіторекультивант, жито та овес також здатні рости на нафтозабрудненому ґрунті з концентрацією 5 % нафти [3, 21, 37].

Наукові дослідження, проведені закордонними вченими [2, 7] свідчать про наявність певної групи рослин, так званих гіперакумуляторів важких металів. Гіперакумулятори це рослини, що здатні рости на ґрунтах, які багаті на важкі метали поглинають велику кількість цих металів під час періоду вегетації при цьому не виявляють жодних ознак фітотоксичності [26]. Серед вищенаведених культур найбільш широкий діапазон поглинання мають горох (*Pisum sativum* L.) та міскантус (*Miscanthus x giganteus*), що робить їх придатними до вирощування на ґрунтах, які постраждали від воєнної агресії та, з великою вірогідністю, вельми забруднені. Проте, варто визначитись із доцільністю використання тієї чи іншої культури у фіторемедіації сільськогосподарських земель. Рицина (*Ricinus communis* L.) може бути використана для виробництва біоетанолу, що робить її особливо корисною у контексті фіторемедіації, оскільки її біомасу не планують використовувати у харчових цілях [24].

Вирощування енергетичних культур таких як міскантус (*Miscanthus x giganteus*) також сприяє підвищенню енергетичної стабільності країни. Що в

свою чергу, зменшує залежність від традиційних викопних видів палива та сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії. Крім того, важливо враховувати кліматичні особливості регіону при виборі культури для фітореMediaції. Наприклад, сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), яке традиційно вирощують на півдні України через біологічні особливості культури до температурного режиму.

Група вчених [23] вивчала відновлення нафтозабруднених ґрунтів (5 % нафти) в реальних польових умовах (м. Борислав) з використанням фітореMediaційної композиції бобу кормового та вівса посівного (1:20–50), яка забезпечує високий (85 %) ступінь очищення ґрунтів від нафтового забруднення. Встановили, що овес посівний є більш перспективним видом для використання в технологіях фітореMediaції ґрунту, забрудненого цими видами палива. За результатами ряду досліджень інших вчених рекомендовано в якості фітореMediaнтів на техногенно забруднених ґрунтах використовувати ріжій посівний (*Camelina sativa* L.), буркун лікарський (*Melilotus officinalis* L.) та ріпак (*Brassica napus* L.) [10, 49], горох посівний (*Pisum sativum* L.) і овес посівний (*Avena sativa* L.) [18, 36].

Найбільш негативний вплив на рослини здійснює комплексний вплив свинцю і нафтопродуктів. Свинець в основному стимулює ріст і розвиток рослин (до 2 ГДК). Цинк впливає на біомасу рослин, зменшуючи кількість в них вологи. Спільна присутність в ґрунті важких металів і нафтопродуктів в основному призводить до пригнічення рослин, особливо на ранніх етапах розвитку. Доведено, що особливу небезпеку створює асиміляція пагонами і коренями рослин важких металів [54, 63]. Встановлено, що вміст свинцю у рослинах збільшується на 20 % при його вмісті у ґрунті 2 ГДК. При вмісті свинцю у ґрунті 5 ГДК його концентрація у рослинах збільшується на 40 %, а при вмісті свинцю – 10 ГДК його вміст у рослинах збільшується на 150 % [5].

Незважаючи на значну кількість попередніх наукових досліджень впливу нафтопродуктів та важких металів на довкілля, дослідження впливу наслідків воєнних дій на Україні на показники агроценозів є надзвичайно актуальними. Постає необхідність у дослідженні впливу техногенно забруднених земель внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів, з метою їх подальшого відновлення та повернення у сільськогосподарський обіг.

2. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ЯК КЛЮЧ ДО ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ

Техногенне забруднення довкілля має глобальний характер. Господарська діяльність людини призвела до деградації земель, їх забруднення нафтопродуктами, пестицидами, радіонуклідами та важкими металами, які належать до найшкідливіших хімічних забруднювачів для навколишнього середовища. Вони мігрують трофічними ланцюгами з вираженим кумулятивним ефектом, у зв'язку з чим токсичність їх може проявлятися раптово на окремих ланках трофічних ланцюгів. До земель несільськогосподарського призначення належать забруднені ґрунти поблизу гірничодобувних і металургійних виробництв, кар'єри, полігони твердих побутових відходів та інші маргінальні території, особливістю яких є перевищення ГДК неорганічних (важкі метали, зокрема Pb, Cr, Al, Zn, Ni та ін.) та органічних (поліциклічні ароматичні вуглеводні, пірен, фенатрен, поліфенольні сполуки та ін.) сполук (Самохвалова, 2014; Moubasher et al., 2015; Пацула та ін., 2018). Актуальним та важливим як у теоретичному, так і в практичному аспекті є розроблення нових способів ремедіації забруднених ґрунтів. Фіторемедіація є одним із найефективніших методів дезактивації забруднюючих речовин у ґрунті за допомогою рослин. Вона не вимагає екскавації ґрунту, сприяє збереженню та відновленню навколишнього середовища, поліпшенню якості ґрунтів, захисту їх від ерозії і може застосовуватися на великих площах (Meers et al., 2010; Basumatary et al., 2012; de Abreu et al., 2012; Ласло, 2014; Самохвалова, 2014; Pandey et al., 2015). Фіторемедіація ґрунтів шляхом вирощування енергетичних культур є одним з основних способів вирішення проблем для зниження площ забруднених земель та покращання стану біоенергетики (Witters et al., 2012; Кулик та ін., 2020; Борецька та ін., 2021).

Світовою науковою спільнотою підраховано, що вартість очищення ґрунту, забрудненого важкими металами, радіонуклідами, нафтою чи пестицидами, за допомогою рослин, що використовують лише енергію сонця, становить лише 5% від витрат на інші способи відновлення. Отже, фіторемедіація є більш екологічно доцільним і дешевим методом відновлення ґрунтів порівняно з фізикохімічними і технічними способами навіть з урахуванням обмеженості часових ресурсів для досягнення кінцевої мети. Традиційно фіторемедіація та фіторекультивация земель здійснюється з метою підвищення продуктивності і стійкості землеробства, забезпечення гарантованого виробництва продукції на основі збереження і підвищення родючості земель. Вона також застосовується при створенні необхідних умов для залучення до агровиробництва малопродуктивних земель та формування раціональної структури земельних угідь (Цицюра та ін., 2022).

Фіторемедіація охоплює широкий спектр забрудників, таких як неорганічні хімічні речовини, включаючи важкі метали, металоїди, багато органічних речовин, зокрема стійкі органічні забруднювачі та радіоактивні

елементи. Фіторемедіація набула великої популярності за останні 20 років і вважається прийнятною технологією в багатьох країнах через її економічну ефективність порівняно з традиційними методами. Низка компаній займається фіторемедіацією різних забруднених об'єктів, а по всьому світу успішно завершено кілька проєктів з фіторемедіації. Використання неїстівних багаторічних енергетичних культур для рекультивації забруднених земель розглядається як стійкий підхід фіторемедіації з економічною віддачею (Del Grosso et al., 2014; Pandey et al., 2016). В Україні налічується близько 3,5 млн газемель, виведених із сівозмін через їх низьку родючість, схильність до ерозії, забрудненість важкими металами, радіонуклідами та токсикантами (Блюм та ін., 2010). Вирощування швидкозростаючих високоврожайних енергетичних культур на даних землях збереже ґрунти від ерозії, збільшить потужність гумусного шару і загалом покращить екологічний та енергетичний стан країни. На думку вчених, найбільш енергетично ефективними є три види енергетичних культур, а саме: швидкозростаюча верба прутівидна (*Salix viminalis* L.), міскантус гігантус (*Miscanthus x giganteus*), сорго (*Sorghum*). Для їх вирощування в Україні створюються високопродуктивні плантації з тривалим терміном експлуатації. Культури характеризуються високим показником приросту фітомаси. Насадження енергетичних культур залишаються продуктивними 20–30 років, а врожайність становить 30–50 т/га сухої маси на рік.

Позитивною особливістю енергетичних культур є стійкість до морозів, шкідників і збудників хвороб. Вони можуть зростати на ґрунтах різного типу, на заболочених і непродуктивних землях, забруднених важкими металами та радіонуклідами. Крім того, ці культури здатні адсорбувати з ґрунту у великій кількості важкі метали та радіонукліди, що сприяє очищенню забруднених ґрунтів та покращанню їх екологічного стану. Найбільший досвід у вирощуванні енергетичних культур мають такі країни, як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія. В Україні, незважаючи на велику кількість малопридатних для ведення товарного сільськогосподарського виробництва земель, промислових посадок енергетичних культур поки що недостатньо (Блюм та ін., 2010; Рахметов, 2011; Гелетуха і Желєзна, 2014; Федорчук та ін., 2017). Енергетичні рослини впливають на екологічний стан і довкілля таким чином: один гектар плантацій енергетичних рослин поглинає з повітря понад 200 тон CO_2 за 3 роки; ідеально підходять для засадження радіоактивно забруднених та порушених земель після видобування ельмінітових руд, малопроодуктивних чи виведених з обробітку; ефективно застосовуються у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів, збагачують їх макроелементами та мікроелементами, поживними речовинами; енергетичні рослини є природними фільтрами для очищення ґрунтів від пестицидів; плантації енергетичних рослин є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств (Гелетуха і Желєзна, 2014). Ступінь деградації ґрунтів великий, а

процес ремедіації – складний, витратний і повільний. Грунтознавці стверджують, що для відновлення продуктивності виснаженого і пошкодженого ґрунту необхідні значні інвестиції. Рекультивацію забруднених земель необхідно розпочинати з розроблення способів їх використання в агропромисловому виробництві, що дало би змогу швидко відновлювати такі землі та отримувати з них безпечну продукцію (Грабак і Будикіна, 2014). У Європейських країнах починаючи з 2013 року наявна єдина сільськогосподарська політика ЄС, яка зобов'язує фермерів, які володіють понад 15 га орних земель, виділяти не менше 5% відповідних площ для екологічних та енергетичних потреб. До земель такого призначення належать, наприклад, чисті пари, буферні смуги, ландшафтні елементи, лісонасадження тощо. На цих екологічно спрямованих землях фермери зобов'язані вирощувати багаторічні енергетичні культури без застосування пестицидів і мінеральних добрив. Після підготовки Єврокомісією звіту з даного питання у 2017 році частка земель, призначених для екологічних та енергетичних потреб, повинна зрости до 7% (Федорчук та ін., 2017). Наразі в Україні є кілька компаній, що займаються вирощуванням енергетичних культур на комерційному рівні. Ще низка компаній планує найближчим часом вийти на цей ринок. Підвищення цін на енергоносії негативно впливає на економіку України, екологію, добробут громадян. Саме це і є передумовою того, що Україна змушена шукати альтернативні джерела енергії. Для цього планується збільшення площ для вирощування енергетичних культур. Площі під вирощування енергокультур необхідно збільшувати з 130 тис. га в 2020 р. до 700 тис. га в 2030 р. і в перспективі довести до 3,5 млн га (Гелетуха і Желізна, 2014). Так, важкі метали й хімічні забруднювачі середовища, накопичуючись і просуваючись по харчовому ланцюгу (ґрунт – рослина – тварина – людина), уражають різні органи тварин і людини, викликаючи захворювання. З огляду на це систематичне сільськогосподарське використання земельного фонду потребує наявного контролю за станом його родючості, ступенем еродованості, реакцією та сольовим режимом ґрунтового середовища, а також рівнем забруднення важкими металами, радіонуклідами, нафтопродуктами, пестицидами. У зв'язку з цим ведення землеробства на забруднених ґрунтах є одним з актуальних питань для агрономів та екологів. Забруднені токсикантами ґрунти потребують спеціальних засобів детоксикації ґрунту, що могли б не допустити надходження їх у рослинницьку продукцію. Позитивною особливістю енергетичних культур є стійкість до морозів, шкідників і збудників хвороб. Вони можуть зростати на ґрунтах різного типу, на заболочених і непродуктивних землях, забруднених важкими металами.

Наукові дослідження, проведені закордонними вченими [2, 7], свідчать про наявність певної групи рослин, так званих гіперакумуляторів важких металів. Гіперакумулятори це рослини, що здатні рости на ґрунтах, які багаті на важкі метали поглинають велику кількість цих металів під час періоду вегетації при цьому не виявляють жодних ознак фітотоксичності [26].

Перелік культур які відносяться до гіперакумуляторів важких металів наведена у таблиці 1. Серед вищенаведених культур найбільш широкий діапазон поглинання мають горох (*Pisum sativum* L.) та міскантус (*Miscanthus giganteus*), що робить їх придатними до вирощування на ґрунтах, які постраждали від воєнної агресії та, з великою вірогідністю, вельми забруднені. Проте, варто визначитись із доцільністю використання тієї чи іншої культури у фіторе mediaції сільськогосподарських земель. Як видно із таблиці, декілька з цих культур є енергетичними, тобто тими, що використовують для виробництва енергоресурсів типу брекетів та пелет. Зокрема, рицина (*Ricinus communis* L.) може бути використана для виробництва біоетанолу, що робить її особливо корисною у контексті фіторе mediaції, оскільки її біомасу не планують використовувати у харчових цілях [24]. Вирощування енергетичних культур таких як міскантус (*Miscanthus x giganteus*) також сприяє підвищенню енергетичної стабільності країни. Що в свою чергу, зменшує залежність від традиційних викопних видів палива та сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії. Крім того, важливо враховувати кліматичні особливості регіону при виборі культури для фіторе mediaції. Наприклад, сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), яке традиційно вирощують на півдні України через біологічні особливості культури до температурного режиму.

Таблиця 1. Перелік культур гіперакумуляторів важких металів

Культура	Поглинає під час вегетації	Посилання
<i>Miscanthus giganteus</i>	As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, V, U, Mn, Sr	[2, 21, 22]
<i>Brassica juncea</i> L.	Cd, Zn, Hg, As, Pb	[11, 25, 31]
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.	Pb, Cd, Zn	[3, 10, 17]
<i>Ricinus communis</i> L.	Cd, Pb, Ni, As, Cu, паливно-мастильні матеріали	[5, 15, 33]
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.	Cd, Pb, As, нафтові вуглеводні	[6, 16, 23, 30]
<i>Pisum sativum</i> L.	Cd, Cr, Fe, Pb, Co, Cu, Mo, Zn, U	[12, 14, 28]
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Cd, Pb, Cu, Ni	[4, 13]

Отже, при плануванні фіторе mediaційних заходів необхідно враховувати як тип забруднення, так і можливість подальшого використання біомаси. Це дозволить не лише ефективно очищати ґрунти, але й забезпечити додаткові економічні переваги та мінімізувати ризики для здоров'я населення.

Рослини-фіторемедіанти: очисники довкілля.

Фіторемедіанти – це рослини, які використовуються для очищення ґрунту, води та повітря від забруднень. Вони діють як природні біофільтри, поглинаючи, накопичуючи та перетворюючи шкідливі речовини. Існує багато видів рослин-фіторемедіантів, кожен з яких має свої унікальні властивості та здатності очищати різні типи забруднень. Ось деякі з найпоширеніших прикладів:

- Важкі метали: гірчиця сарептська, люцерна, соняшник, сорго, деякі злакові та деревні.
- Нафтопродукти: верба, тополя, осика, кукурудза.
- Свинцеві сполуки: соняшник, ріпак, гірчиця біла.
- Азотні сполуки: люпин, горох, квасоля.
- Радіоактивні речовини: соняшник, кукурудза, тютюн.
- Тополя: ефективно поглинає важкі метали, такі як кадмій, свинець та хром.
- Верба: поглинає нафтопродукти, нітрати та фосфати.
- Соняшник: накопичує кадмій, свинець, нікель та радіоактивні ізотопи.
- Гірчиця: фітодеградує нафтопродукти та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).
- Райграс багаторічний: зменшує ерозію ґрунту та поглинає нітрати.

Фіторемедіація – це не лише метод очищення ґрунту, але й важливий крок

Найбільш ефективними фіторемедіантами, які можуть застосовуватись в умовах нафтозабрудненого ґрунту (5 % нафти в ґрунті) є боби кормові (*Vicia faba* var. *minor*), горох польовий (*Pisum sativum* L.) та овес посівний (*Avena sativa* L.), які проявляють достатню стійкість до токсичного впливу нафти та добре пристосовуються до непростих умов зростання.

Війна забруднює українські ґрунти і робить їх непридатними для вирощування сільського господарства, адже небезпечні речовини з ґрунту можуть потрапляти до рослин, а звідти – у нашу їжу. Один зі способів позбутися забруднення – ремедіація, тобто його очищення та створення сприятливих умов для рослинності та мікроорганізмів. Один з її різновидів – це фіторемедіація, або ж використання рослин, що поглинають або знешкоджують забруднення. Найбільшу цінність серед рослин-фіторемедіантів, що швидко нарощують великі об'єми біомаси, становлять ті, які мають комерційне значення – як сировина для виробництва біоетанолу, паливних брикет, тощо – це так звані енергетичні культури. Тож можна очікувати, що саме їм, як найбільш прибутковим, і надаватиметься пріоритет у повоєнному відновленні земель. Проте, такий підхід може бути ризикованим. Розберемось трішки детальніше.

Усі енергетичні фіторемедіатори можна поділити на трав'янисті та деревні.

Тополя і верба є найбільш поширеними деревними рослинами у фітореMediaції та в біоенергетиці. Вони добре почуваються в помірній зоні, стійкі до суворих кліматичних та ґрунтових умов швидко ростуть, поглинають великі об'єми важких металів (ВМ), мають багато видів і сортів.

Тополя (*Populus*) — рід деревних листопадних рослин родини вербових (*Salicaceae*). Відомо близько 30-35 видів. Різні види *Populus* здатні рости на ґрунтах різних типів та в різному кліматі, мають потужну розгалужену кореневу систему, здатність очищувати ґрунт від ВМ (Ni, Cu, Cr, Cd, Hg, Zn та As) та деяких вибухових речовин (тротил, октоген і гексоген).

Рід верба (*Salix*) включає майже 450 видів кущів і дерев, багато гібридів і сортів та потенціал для виведення нових, краще пристосованих до заданих умов та з більш потужним та специфічним ефектом фітореMediaції. Верба має розгалужену мичкувату кореневу систему, високі показники випаровування, велике виробництво біомаси, швидкий ріст, посухостійкість та здатність рости на сильно забруднених ґрунтах. Більшість видів *Salix* здатні накопичувати ВМ: As, Fe, Zn, Pb, Cd, Cu, Ni. Різні види *Salix* мають різну толерантність до ВМ і здатність до їх переведення у надземну біомасу. Збирання врожаю проводиться кожні 3 роки.

Важливо зауважити, що розподіл ВМ між органами рослин суттєво відрізняється. Наприклад, у листах тополі накопичуються вищі концентрації цинку (Zn) та кадмію (Cd), ніж у стовбурі. У вербі концентрації усіх металів зазвичай вищі у листках (проте є й винятки з-поміж видів та сортів). Можна створювати сорти з іншим розподілом ВМ у біомасі.

Шведськими вченими було встановлено позитивний вплив плантаційного вирощування енергетичної верби на клімат і ґрунти. За основу для розвитку ринку біоенергетики в Україні може бути покладена практика, що функціонує в сусідній Польщі, де енергетичні компанії зобов'язані покривати частину витрат на закладення енергетичних плантацій і в майбутньому викупляти вирощену біомасу.

Однією з переваг застосування тополі та верби називають можливість їх вирощування в системі отримання парості короткої ротації, тобто дерево виросте усього за 10 років, а не 20-40 чи більше. Такий підхід прискорює очищення забрудненої ділянки. Проте залишається питання наскільки таке промислове вирощування енергетичних культур сприятиме ще й відновленню здоров'я ґрунтів та біорізноманіття.

Хоч з економічної точки зору енергетики бачать короткострокову вигоду, але з екологічної все не так очевидно. Наразі достеменно невідомо наскільки виснажуються ґрунти після інтенсивного вирощування енергетичних культур, як це вплине на їх родючість, скільки корисних елементів може винестись, як зміниться біогеоценоз. Також можна поставити під сумнів наскільки поєднання відновлення земель через вирощування енергетичних культур відповідає курсу ЄС.

«Біоенергетична політика ЄС становить серйозну кліматичну загрозу і роками була прямою кліматичного лідерства ЄС. Але сьогодні стався

поворотний момент: вперше органи ЄС визнали, що спалювання деревини може бути не найкращим способом для відмови від викопного палива і сповільнення зміни клімату», – каже Алекс Мейсон, керівник відділу клімату та енергетики у європейському офісі WWF.

Додатково, ще з 2021 року понад 500 науковців та 40000 мешканців ЄС звернулися до Єврокомісії щодо необхідності припинення спалювання деревини для отримання енергії. Відповідно до звернення, «спалювання деревини посилює глобальне потепління на десятиліття чи століття». На думку експертів, щоб зупинити шкоду, яка може бути завдана, уряди повинні зупинити субсидування та інші стимули, що зараз існують для спалювання деревини з лісів або інших способів. Європейський Союз має припинити ставитися до спалювання біомаси як вуглецево нейтральної.

Зважаючи на вище вказане, можна прийти до висновку, що вирощування енергетичних культур і подальший розвиток біоенергетики на основі спеціально вирощених для неї культур є доволі сумнівним з точки зору подальших кліматичних цілей. Тому потрібно зважувати на комплекс питань, які виникають з вибором даного курсу, розглядаючи не лише економічну складову, а й довкілля, соціальну та кліматичну.

Ризики використання енергетичних культур у біоремедіації та біоенергетиці

У більшості випадків енергетичні культури вирощуються як монокультури, тобто переважає одна й та ж сама культура, а збирання врожаю відбувається кожні три роки. Такі умови вирощування верби забезпечують середовище існування для диких тварин та гніздування десятків різноманітних видів птахів, зокрема у траві. Різноманітність тварин та птахів на таких територіях більша, ніж на сільськогосподарських територіях поряд. Проте, водночас потрібно розуміти, що кожні три роки відбувається збирання врожаю і система біорізноманіття може бути порушеною. Тому такі штучно створені плантації з енергетичних культур не зможуть замінити природні території, які важливі для збереження і відновлення біорізноманіття. Окрім того, старовікові ліси краще поглинають вуглець, аніж нещодавно посаджені та інтенсивно врегульовані.

Оскільки енергетичні культури можуть накопичувати забруднюючі речовини у деревині, через спалювання ці речовини можуть далі потрапляти у повітря. Для уникнення забруднення повітря ВМ в процесі спалювання деревини, біомасу фіторемедіантів потрібно спалювати централізовано, у котельнях, що обладнані установками для очищення повітря. Необхідний контроль за підприємствами, що використовують для спалювання рослини-фіторемедіанти для уникнення можливого забруднення повітря. Адже, ще до повномасштабного вторгнення в Україні на деяких підприємствах були проблеми із забрудненням повітря. Контроль за діяльністю підприємств та моніторинг їх впливу на якість повітря не завжди працював ефективно. Тому, знадобиться зобов'язати підприємства, що централізовано спалюватимуть

деревину або пелети із трав'янистих енергетичних рослин, використовувати ефективні системи очищення, вести моніторинг викидів та прозоро звітувати про забруднення. Окрім того, в листках енергетичних культур, наприклад тополі, можуть накопичуватися вищі концентрації цинку й кадмію, ніж у стовбурі. Тому виникає питання як ефективно забезпечити утилізацію листя, яке містить важкі метали, щоб запобігти його подальшому потраплянню у ґрунт або повітря.

Попіл, що містить ВМ, як правило, захоронюють. Деякі вчені пропонують використовувати попіл із монозабрудником як добриво. Тобто, якщо на певній ділянці в ґрунті є нестача, приміром, цинку, то цю нестачу можна компенсувати внесенням попелу із підвищеним вмістом цього елементу. На жаль, цей спосіб доречний лише для деяких невоєнних забруднень, оскільки воєнні забруднення є переважно змішаного типу і часто містять метали, токсичні навіть у невеликих концентраціях, як-от свинець. Тому вирощування енергетичних культур на забруднених від війни земельних ділянках і подальше їх використання у межах розвитку біоенергетики викликає більше питань, аніж відповідей.

Пермакультурним рішенням у роботі з будь якою культурою є ущільнені посіви з максимально різноманітним геномом, замість вибору одного найбільш відповідного сорту рослини. Найдоцільнішим рішенням у виборі культури може бути сполучення трав'янистих та деревних рослин на одній ділянці у межах технології агролісівництва. Варто лише зазначити, що особливо велику перевагу над іншими методами практика змішаних посадок має на землях, які забруднені сумішами ВМ. На жаль, потенціал просторового розподілу рослин у процесі фіторемедіації вивчався недостатньо, тому вплив деяких просторових моделей на ефективність фіторемедіації поки що є недостатньо зрозумілим.

Як приклад прямого посилення поглинання ВМ однією рослиною іншою можна навести суміщення мишія зеленого (*Setaria viridis* L.), плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.) та очерету звичайного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), чиє поєднання може значно збільшити швидкість міграції ВМ у ґрунті та ефективність фіторемедіації. Є варіанти комбінування різних видів шляхом спільного вирощування, коли рослини ростуть разом на тій самій землі в той же часовий проміжок або по чергово. На жаль деталі механізмів, як саме поєднання різних культивованих рослин сприяє поглинанню металу, до кінця не з'ясовано.

Питання використання енергетичних культур для відновлення земель від воєнного забруднення розглядається як економічно вигідне рішення. Але зважаючи на ризики, які ми розглянули у межах матеріалу, воно може вважатись доволі поспішним. Ми розуміємо, що економічна складова є важливою для відновлення земель, зважаючи на масштаби забруднення і попередні розрахунки вартості відновлення. Але наразі ми живемо у ті часи, коли економічна складова не може бути єдиним пріоритетом, а важливо

враховувати, в якому довіклі ми живемо, як воно впливає на наше здоров'я і як наші рішення допоможуть нам у довгостроковій перспективі.

Хоча вирощування енергетичних культур є популярним і привабливим рішенням, але зважаючи на ряд ризиків, воно може вирішити повністю проблему забруднених ґрунтів, і при цьому створює нові проблеми. Тому, на деградованих землях не слід відхиляти консервацію земель, тобто виведення з господарського обігу і природне відновлення. Це непопулярне рішення, яке на сьогодні нашими урядовцями навіть не розглядається. Але це важливий процес, який може допомогти відновити землі, біорізноманіття та покращити якість довілля, яке внаслідок повномасштабного вторгнення знаходиться в критичному стані. У Європейському Союзі консервація земель є частиною політики екологічно збалансованого землекористування. Вона інтегрується з програмами агроєкології, збереження біорізноманіття та відновлення ландшафтів.

Основними методами консервації є:

- Залуження – засівання травами для стабілізації ґрунту.
- Заліснення – висадка дерев для покращення структури ґрунту.
- Ренатуралізація – повернення земель до природного стану без

активного втручання.

Порядок консервації земель затверджений постановою Кабміну України. Він визначає умови, строки та процедури консервації. Договір про консервацію може передбачати податкові та кредитні пільги для власників, які здійснюють заходи за власний кошт. У рамках Загальнодержавної програми охорони земель консервація є одним із інструментів боротьби з деградацією ґрунтів, яка щорічно завдає збитків на 40–50 млрд грн (Мельник, 2020).

3. ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

3.1. ВЕРБА

Salix viminalis L.



Ботаніко-біологічна характеристика

В зв'язку зі збільшенням дефіциту викопних джерел енергії для України може стати корисним використання деревини швидкоростучих порід, які є традиційними представниками вітчизняної дендрофлори. Пропонуємо розглянути перспективи

використання деревини верби прутувидної (*Salix viminalis* L.) як відновлювального джерела твердого біопалива. Останні систематичні дослідження роду *Salix* L. вказують на існування в природній дендрофлорі України 25 видів. Типові для України, автохтонні представники роду *Salix* L. поширені по всій території країни.

Salix viminalis L. (верба прутувидна) – це багаторічна, швидкоросла, дводомна рослина родини вербових, яка утворює високі кущі або дерева з гнучкими прутувидними пагонами. Тип рослини: багаторічний кущ або невелике дерево висотою зазвичай 3–6 м, іноді до 10 м. Ширина крони: 4–8 м. Пагони: довгі, прутувидні, легко згинаються; молоді – сіруватоопушені або голі. Гілки: бічні – часто горизонтальні, напівлежачі, можуть укорінюватися при контакті із ґрунтом. Швидкість росту: річний приріст – 50–100 (до 150) см. Рекомендується вирощувати на родючих, добре дренованих ґрунтах із достатнім вологозабезпеченням. На утворення 10 тонн вегетативної маси рослини верби виносять із ґрунту 42 кг азоту, 25 кг калію, 15 кг фосфору, 45 кг кальцію та ряд інших елементів. Рослини верби потребують відкритих, добре освітлених ділянок. Екологічна пластичність: добре адаптується до різних типів ґрунтів, включаючи техногенно забруднені території.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Вибір місця під плантацію енергетичної верби

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верб та тополь є: вибір місця для майбутніх плантацій, ретельний основний та передсадивний обробіток ґрунту, підбір оптимального сортового складу верби для конкретної зони вирощування, своєчасне та якісне садіння живців, догляд за рослинами впродовж усього періоду експлуатації плантації з внесенням добрив та захистом рослин від шкідників і хвороб (Гументик та ін., 2018).

Підготовка площі та основний обробіток ґрунту

Верби, зважаючи на їхні різні екологічні особливості, можливо вирощувати на всіх типах ґрунтів, але для вербових плантацій будьякого призначення оптимальним є вологий, багатий на гумус, добре дренований супіщаний або суглинковий ґрунт.

Під створення енергетичних плантацій верби доцільно застосовувати класичні системи основного обробітку ґрунту – напівпаровий та поліпшеного зябу. Поліпшений зяб використовується в зонах недостатнього та нестійкого зволоження, особливо за засміченості ґрунту багаторічними бур'янами. Глибина оранки визначається видом культури, товщиною гумусового шару ґрунту, засміченістю поля та іншими умовами. Встановлено, що її проведення на середніх та важких ґрунтах на глибину 30–32 см під створення енергетичних плантацій ефективніша, ніж звичайна (20–22 см) та мілка (14–16 см) (Гументик та ін., 2018).

Система удобрення енергетичних плантацій верби

Верба належить до деревних рослин з інтенсивним циклом розвитку і потребує значної кількості елементів живлення. Вирощування верби у промислових цілях потребує застосування мінеральних добрив, які здатні забезпечити інтенсивний ріст і розвиток рослин у рік садіння живців та наступні роки. Дози внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність енергетичної верби визначають нормативним (за результатами польових досліджень) або балансово-розрахунковим методом.

За низького рівня забезпечення ґрунту елементами живлення дозу внесення мінеральних добрив збільшують в 1,2 рази, за підвищеного та високого – зменшують відповідно в 1,1 та 1,2 рази. Головне завдання системи удобрення полягає у тому, щоб у рік садіння живців створити помірне азотне живлення рослин на ранніх етапах росту і розвитку з поступовим його покращенням у пізніші фази розвитку.

Створення енергетичних плантацій верби

Енергетичні плантації верби закладають доброякісним, селекційно поліпшеним садивним матеріалом. Найчастіше ним є однорічні здерев'янілі (зимові) живці. Заготовляють їх з однорічних видовжених пагонів (прутів), що вирощені на спеціальних маточних плантаціях. Заготівля пагонів проводиться у період від закінчення вегетаційного періоду до початку сокоруху. Період зрізання пагонів залежить від сезону садіння, тобто заготівля пагонів у жовтні-листопаді передбачає осіннє садіння, а у січні-березні – весняне.

При створенні енергетичних плантацій верби живцівисаджують вертикально (дозволяється незначний нахил), з таким розрахунком, щоб вони виступали над поверхнею ґрунту на 2 см. Найчастіше на 1 га висаджують 15 тис. живців, а садіння відбувається двома спареними рядками з відстанню між ними 0,75 м, міжряддями 1,50 м, та відстанню між живцями в рядку 0,60 м.

Захист енергетичних плантацій верби від шкідників і хвороб

Догляд за енергетичними плантаціями верби включає такі технологічні операції: контролювання рівня забур'яненості; розпушування ґрунту в міжряддях; захист насаджень від шкідників і хвороб.

Найбільш складно контролювати комплекс дводольних видів бур'янів, тому основну увагу при виборі ґрунтових гербіцидів необхідно приділяти протидводольним препаратам. Головне завдання гербіцидів – забезпечити необхідний захист посівів від бур'янів до моменту, коли пагони верби сягають висоти, більшої за висоту бур'янів. Одразу після садіння живців верби (до їх проростання) застосовують ґрунтовий гербіцид Стомп з нормою внесення 5 л/га. Посходові обприскування доцільно починати при появі бур'янів. Перший обробіток плантацій верби проводять у фазі сім'ядоль у бур'янів, застосовуючи гербіцид Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га.

Багаторічні монокультури, якими є і енергетичні вербові плантації, досить часто уражуються хворобами та пошкоджуються комахами, тому аспекту захисту плантацій за кордоном надається значна увага. Особливу увагу в Швеції та Фінляндії приділяють вивченню стійкості сортів верби проти шкідників і хвороб, особливо проти іржі листя (*Melampsora epitea* Thüm.) та інших видів мелапсори (Гвоздяк та ін., 2014).

Також різні види мелапсори та збудники інших грибкових хвороб завдають значної шкоди енергетичним плантаціям верби на Британських островах (Pei et al., 1999). Крім того значною шкодо чинністю відзначаються деякі комахи, зокрема представники родини Chrysomelidae (Connor & Hernandez, 2009). Серед основних заходів забезпечення резистентності енергетичних плантацій до негативних біологічних впливів розглядається створення насаджень з суміші різних клонів (McCracken, 2011).

Збирання

Заготівля деревної маси на енергетичних плантаціях проводиться після закінчення вегетації, як правило, з листопада до березня. Циклічність збору урожаю – через кожні 2–4 роки. Цю операцію можна виконувати різними способами, але основними є заготівля деревної маси з одночасним подрібненням її на тріску, або з формуванням зі зрізаних пагонів тюків або снопів.

Завважаючи на те, що енергетичні плантації верби зростають на одній площі тривалий час і витримують кількаразове зрізання надземної біомаси для отримання енергетичної сировини, важливим з точки зору отримання максимального урожаю є питання періодичності його збирання. Були розроблені підходи до моделювання регіональних урожаїв енергетичних плантацій верби для основних регіонів Швеції та Північної Європи загалом з врахуванням циклічності заготівлі урожаю біомаси (Krasuska & Rosenqvist, 2011). Внаслідок проведення економічних досліджень було встановлено, що найвищої економічної ефективності досягається за застосування три- і чотирирічних циклів заготівлі енергетичної сировини (Mola-Yudego & Aronsson, 2008).

Дослідження плантацій *S. aquatica*, створених на покинутих сільськогосподарських землях, проведені фінськими вченими протягом десяти дослідження, показали, що ефективним є трирічний цикл заготівлі вербової біомаси і що більше її накопичується протягом другого трирічного циклу вирощування (7,7 т/га) ніж під час першого (5,1 т/га) (Hytönen, 1995). У північній частині США на малопродуктивних землях було встановлено, що економічно доцільним є заготівля біомаси з періодичністю три роки. При цьому, після першого трирічного циклу вирощування, продуктивність плантацій становила в середньому 9,6, а після другого – 10,3 т/га на рік (Sennerby-Forsse & Zsuffa, 1995).). Дослідження, проведені у Сербії, свідчать, що на добре організованих плантаціях, за умови зрошення, за дворічного циклу збирання можна отримати понад 130 т свіжої біомаси на гектар на рік. Без зрошення можна очікувати на врожайність на рівні 30–35 т/га (Stajić, 2016).

3.2. ТОПОЛЯ

Populus L.



Ботаніко-біологічна характеристика

Рід тополя (*Populus* L.) належить до родини вербових (*Salicaceae*). Рослини цього роду природно зростають у різних кліматичних зонах північної півкулі, де налічується близько 110 її видів, за винятком гібридних форм (Ониськів та ін., 2000). Це дводомні вітрозапильні дерева, що легко схрещуються і утворюють природні гібриди. Завдяки легкому вегетативному розмноженню утворені форми чи різновидності швидко закріплюються (Ониськів та ін., 2008). Для вирощування енергетичної біомаси в основному використовують види і сорти двох секцій: чорні тополі (*Aigeiros* Duby) та бальзамічні тополі (*Tasamahaca* Spach). Найбільше поширення отримали євроамериканські гібриди чорних тополь (*Populus* × *euramericana* (Dode) Guinier). Сприятливими для зростання тополь є багаті на поживні речовини ґрунти, добре аеровані та забезпечені вологою. Необхідно брати до уваги, що найбільш вимогливі до ґрунту є євроамериканські тополі. Вони більш придатні для вирощування на важких ґрунтах, а тополя біла (*Populus alba* L.) та чорна (*Populus nigra* L.) – на супіщаних та суглинкових ґрунтах (Гументик та ін., 2018).

Придатними для вирощування тополі є більшість ґрунтів. Кращими є родючі легкосуглинкові, багаті органічними речовинами та добре дреновані ґрунти, а також ділянки із ґрунтовими водами, що залягають на глибині 1,0–1,5 м. Варто уникати лужних, дуже сухих ґрунтів або таких, що швидко висихають (за вирощування тополі у сухих районах може знадобитися зрошення). Неякісно осушені та мулисті суглинки також небажані, оскільки нестача кисню в ґрунті в разі затоплення ділянки впродовж довгого періоду під час вегетації негативно впливає на функціонування кореневої системи рослин. На бідних і недостатньо зволжених ґрунтах тополя хоча і зростає, але продуктивність її значно нижча. Завдяки потужній кореневій системі, яка міцно «зв'язується» із землею, тополлю можна вирощувати і на схилах, які піддаються дії водної ерозії. У районах із недостатньою кількістю опадів у період вегетації – менше ніж 300 мм (або 400 мм за рік) – без належного доступу рослин до ґрунтової вологи та без зрошення розвиток тополі буде значно обмеженим. Для задовільного її розвитку необхідна кількість опадів – близько 600 мм, а кислотність ґрунту має бути в межах рН 5,0–7,5 (Хіврич, 2016).

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Основними агротехнічними заходами при створенні насаджень тополі є: вибір місця під плантацію, сорту та садивного матеріалу, обробіток ґрунту, сезон і спосіб садіння, догляд за ґрунтом, удобрення ґрунту та захист плантацій від шкідників і хвороб. Зважаючи на те, що у тополі, як і у верби, після зрізання вирощеної сировини з порослі можна формувати кілька наступних генерацій плантації, важливу роль у підтриманні високої продуктивності і стійкості таких енергетичних насаджень відіграють також способи і терміни заготівлі деревної маси (Гументик та ін., 2018).

Термін вирощування становить близько 20 років та включає в себе до семи зборів біомаси. Кожні 2–3 роки проводять зрізування приростів, переважно взимку за використання спеціалізованої техніки. Наступного року навесні насадження відновлюється через властивість тополі утворювати поросль.

Обробіток ґрунту

Важливою умовою успішного вирощування тополі є вірний добір клонів та вчасний і правильно проведений комплекс робіт із підготовки ґрунту до висаджування культури. Обробіток ґрунту на ділянці проводять за кілька етапів відповідно до системи чорного або сидерального пару задля забезпечення оптимальних умов вирощування тополевого насадження.

Підготовка ґрунту розпочинається зі знищення багаторічних кореневищних та коренепаросткових бур'янів з допомогою гербіцидів суцільної дії. Після цього проводять оранку на глибину до 30 см із подальшим вирівнюванням поверхні ґрунту безпосередньо перед висаджуванням восени або навесні.

Удобрення

Під час закладання плантації рекомендується вносити мінеральні добрива, хоча це і не є обов'язковим. Їх вносять і після скошування навесні. Високі потреби рослин тополі у елементах мінерального живлення спричиняє необхідність внесення науковообґрунтованих доз мінеральних добрив. Вченими відмічено збільшення об'єму центрального пагону втричі через один вегетаційний сезон і вдвічі – через чотири, у випадку використання азотних, фосфорних, калійних добрив поєднуючи з мікроелементами з першого року після садіння топових плантацій (Tullus et al., 2012). Задля досягнення максимального ефекту слід підживлювати до етапу змикання рослин в насадженні та в поєднанні із використанням гербіцидів (чи механічним контролем трав'яної рослинності) (Кирилко, 2023). Проводити підживлення під час вегетації у рік висаджування не рекомендується.

Садіння

Заготівлю посадкового матеріалу (живців) проводять або восени, безпосередньо перед посадкою, або в разі висаджування навесні – у період із грудня по березень, коли рослини перебувають у стані спокою. Довжина живців має становити 20–25 см, у діаметрі завтовшки 1–2 см, обов'язково – зі здоровою корою.

Для промислового вирощування тополі на біопаливо черенки висаджують із дещо меншою густотою, ніж саджанці верби, – в межах 10–12 тис. шт./га. Схема посадки має передбачати можливість вільного руху в міжряддях технічних засобів із догляду за насадженнями та їхнього збирання. На малородючих ґрунтах максимальна урожайність забезпечується дещо вищою початковою густотою садіння – близько 2,5 тисяч рослин на один гектар (схема садивних місць – 2,0*2,0 м) (Фучило, 2012).

Догляд за насадженнями

Ефективність технологічних заходів із догляду за насадженнями тополі залежить від стану ґрунту, фази розвитку рослин тополі та бур'янів, правильного добору відповідних знарядь та робочих органів. Догляд за посадками тополі може включати в себе як міжрядний обробіток ґрунту, скошування бур'янів у міжряддях, так і мульчування та ручне прополювання. У перші 2–3 роки від початку створення тополевої плантації потрібно провести догляди у рядах та міжряддях стільки разів, скільки б на кожній окремії ділянці це забезпечило очищення від сегетальної рослинності, сприяло оптимізації структури верхнього шару ґрунту.

Агротехнічні заходи із контролювання забур'яненості проводять переважно першого та другого років вирощування, поки тополі ще не утворили замкненого навісу, тобто густої крони. Ефективним способом знищення бур'янів є внесення гербіцидів. Але й тут є свої труднощі, адже має місце загроза потрапляння пестицидів на вегетуючі рослини тополі, що може призвести до їхньої загибелі. Обов'язково слід передбачити і внесення гербіцидів, особливо у період, коли механічні обробітки провести неможливо. Добре продуманий комплексний підхід до вчасного та якісного проведення агрозаходів із контролювання забур'яненості сприятиме зниженню як кількості внесених пестицидів, так і в цілому вартості проведених заходів. Механічний та хімічний обробітки, починаючи із третього року вирощування і до кінця періоду корисного використання тополі, майже не потрібні. Але є практика проведення заходів зі знищення бур'янів навесні у міжряддях і після кожного скошування. Скошування бур'янів використовується в тому разі, якщо вибрано технологію вирощування тополі за нульового обробітку ґрунту, без використання гербіцидів та проведення міжрядних обробітків, зі збереженням трав'яного покриву у міжряддях. Цей захід також доцільний, якщо ґрунти перебувають під впливом ерозійних процесів унаслідок змивання опадами.

Також досить ефективним заходом контролю бур'янової засміченості у посадках тополі є мульчування, але він досить дорогий і тому не зовсім доцільний з економічної точки зору. Для цього використовують так звану ландшафтну плівку, бажано чорного кольору, з доброю проникністю для води, що сприяє кращому зростанню культури, та водночас із хорошою здатністю пригнічувати ріст бур'янів. Використовують також й інші мульчувальні матеріали, такі як тирса, щепи, кора, але їхня ефективність досягається за товщини мульчувального шару принаймні 7–10 см. Солома – не надто добра мульча, оскільки вона приваблює гризунів, що пошкоджують дерева. На

ділянках тополі можуть жититися багато комах-шкідників. Але зазвичай листогризучі комахи не створюють серйозних проблем насадженням, а посадка стійких до шкідників клонів може бути найефективнішим способом уникнути відчутних втрат від них. Як енергетична культура тополя, порівняно із вербою, хоч і формує дещо меншу кількість стебел, але має кращу якість сировини із меншою часткою кори та потребує меншої кількості мінеральних добрив для вирощування. Але в перші роки вегетації росте не так швидко, як верба.

Збирання

Найкращий час для збирання тополі – зимовий період (із грудня по лютий), коли ґрунт замерзає, що дає змогу звести до мінімуму ґрунтове ущільнення від тиску збиральної техніки. Процес збирання зазвичай відбувається щодва-три роки. За цей час рослини досягають висоти 5–6 м і більше. Збирають дво- або трирічні рослини тополі за допомогою модифікованих кормозбиральних комбайнів, що ріжуть стебла на щепу, вміст вологи у якій на час збирання коливається у межах 49–56 %. Якщо щепу призначено для зберігання або для продажу, її слід висушити до вологості не більше ніж 30 %. Із плантації тополі за трирічного циклу вирощування можна отримати п'ять-вісім урожаїв. Зазвичай час життя плантації енергетичної тополі становить близько 15–25 років. Процес очищення плантації тополі дещо складніший, ніж верби, позаяк вона часто утворює товсте головне стебло та потужний корінь. Після закінчення періоду використання стебла та кореневища видаляють за допомогою бульдозера або спеціальними подрібнювачами (фрезами) для пеньків на глибину до 35 см. Після того, як зібрали черговий урожай, навесні можна внести азотні добрива у кількості 60–80 кг/га, які сприяють швидкому зростанню нових пагонів. За організації зрошення врожайність біомаси тополі збільшується до 50 % (Хіврич, 2016).

3.3. МІСКАНТУС

Miscanthus x giganteus



Ботаніко-біологічна характеристика

Рід Міскантус (*Miscanthus*) належить до родини злакові (*Poaceae*) та триби Andropogoneae, до якої входять переважно тропічні злакові культури, серед яких такі важливі види як кукурудза (*Zea mays* L.) і сорго (*Sorghum bicolor* Moench). Рід містить близько 12 видів, але таксономія заплутана, а точна кількість видів обговорюється та ускладнюється частими міжвидовими гібридизаціями. Види міскантусу мають широке географічне поширення в діапазоні від 50°N до 22°S. Найбільш вивченими видами міскантусу є *M. sinensis* і *M. sacchariflorus*, які є батьківськими видами *M. x giganteus* (Hodkinson et al., 2002).

Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) – це стерильний триплоїдний гібрид ($3n=57$) отриманий на базі тетраплоїдного *M. sacchariflorus* і диплоїдного *M. sinensis*. Був знайдений у дикій природі в 1930-х роках на острові Хонсю в Японії. У літературі використовувалося багато різних назв для генотипів *M. x giganteus*, але дослідження вказують на те, що генетичні варіації серед різних клонів, які використовуються в літературі, майже відсутні (Głowacka et al., 2014). Міскантус гігантський формує великі кореневища і товсті високі стебла і є сировиною для виробництва біомаси для біопалива (Kashcheyeva et al., 2019).

Міскантус може успішно рости в широкому діапазоні кліматичних умов. В умовах помірного та континентального клімату заморозки можуть по-різному впливати на рослини міскантусу. Пагони можуть бути пошкоджені морозами на початку або в кінці вегетації, а кореневища можуть гинути завдяки настанню сильних морозів взимку за відсутності достатнього снігового покриву (Peixoto & Sage, 2016), і це одна з найбільших проблем у виробництві міскантусу в північних регіонах, особливо в перший рік після посадки. Пізні заморозки навесні впливають на ріст пагонів і отримані ранньою весною сходи можуть бути знищені наступними заморозками. Якщо пагони повністю загинуть від впливу заморозків навесні то рослини формують значно менший рівень продуктивності (Farrell et al., 2006).

Міскантус гігантський формує потужну кореневу систему, що може поширюватись на глибину до 2,5 метрів та сприяє гарному засвоєнню рослинами доступних в цих шарах ґрунту елементів живлення і води (Figala et al., 2015).

Стебло має високий вміст целюлози та лігніну а тому дуже міцне, в

перший рік вегетації може мати висоту до 200 см, на другий – 350 см, а в послідуючі до 450 см. Листки ланцетовидні, пласкі, довгі та приплюснуті, мають ширину до 3,2 см та довжину до 100 см. Розташування почергове, після закінчення вегетації опадають слабо і основна маса листків залишається на рослині до збирання біомаси (Holder et al., 2019).

Міскантус гігантський – стерильний гібрид, що не розмножується насінням, однак в сприятливих умовах росту в Україні, під кінець вегетації може сформувати суцвіття в вигляді волоті. Суцвіття слабо розвинуте, з'являється в проміжку часу від вересня аж до листопада та залишається на рослинах на час збирання врожаю.

Міскантус гігантський гарно пристосований до впливу високих температур повітря, нестачі вологи та інтенсивної сонячної інсоляції. А от в умовах України активний ріст культури розпочинається не раніше квітня, за температури ґрунту не менше +10...12 °C, а от вегетація в рослин як правило закінчується настанням приморозків в кінці жовтня на початку листопада (Jensen et al., 2018). При цьому, доведено, що рослини міскантусу гігантського досить гарно адаптуються до різноманітних умов вирощування. Тобто з часом цілком реально отримати максимально пристосовані до умов України гібриди.

Не зважаючи на гарну посухостійкість, для успішної вегетації посіви міскантусу гігантського потребують близько 700 мм опадів, що в багатьох регіонах України просто неможливо досягнути. А от на формування 1 кг сухої маси рослини використовують 250-300 кг води, що нижче потреб традиційно вирощуваних культур СЗ типу фотосинтезу. Однак, сумарні потреби в волозі міскантусу гігантського значні, оскільки рослини формують істотні врожаї біомаси щорічно (Korzeniowska & Stanislawska-Głubiak, 2015).

Оптимальною для росту і розвитку рослин міскантусу гігантського є середньодобова температура повітря +28...30 °C. Однак, дослідження проведені навіть в умовах Великобританії показали, що рослини можуть досягнути гарного рівня продуктивності навіть за умов середньодобових температур повітря +15 °C (Alexopoulou et al., 2010).

Рослини міскантусу гігантського загалом не вибагливі до ґрунтів та можуть рости успішно навіть і на маргінальних ґрунтах, адже потужна коренева система глибоко проникає в ґрунт забезпечуючи рослини необхідними елементами живлення. А також, за рахунок того що рослини не розмножуються насінням, а ризоми міскантусу досить помірно розростаються – це не інвазивний вид. Тобто захопити нові території міскантус гігантський самотійно не може. Для вирощування міскантусу гігантського придатні ґрунти з рівнем рН 6,5 та заляганням рівня ґрунтових вод нижче одного метра від поверхні ґрунту. Рослини погано переносять рН нижче 5,5, а тому за таких умов слід обов'язково застосовувати вапнування ґрунту (Malinská et al., 2020).

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Оскільки міскантус гігантський багаторічна культура тривалого строку використання плантацій (понад 10, за деякими даними до 20 років), то ділянку слід обирати поза межами сівозмінних площ, не обов'язково з гарним станом ґрунту, однак сильно забур'янені ділянки слід додатково підготовлювати до садіння ризом міскантусу. Адже обов'язковою умовою отримання гарних плантацій міскантусу гігантського є контролювання рівня забур'янення до закладання плантації та в перший, а інколи й в другий роки вегетації культури.

Обробіток ґрунту

Серед агротехнічних операцій по закладанню плантацій найбільша увага приділяється саме контролюванню рівня забур'янення та очищенню поля від багаторічних, особливо коренепаросткових видів. Для цього проводять двократне лушення дисковими бородами чи луцильниками на глибину до 10 см, а за необхідності наступний обробіток виконується безпліцевими знаряддями на глибину до 15 см. Також гарну практику знищення багаторічних коренепаросткових видів показує застосування хімічних засобів на базі 2,4-Д або ж внесення суцільних гербіцидів на основі діючої речовини – гліфосат (Курило та ін., 2016).

Дослідження показали, що наступну зяблеву оранку під закладання плантацій міскантусу гігантського необхідно виконати вересні та не пізніше кінця жовтня на глибину до 27 см, якщо ж орний шар не дозволяє здійснити таку глибоку оранку, то вона виконується на глибину орного шару ґрунту.

Система удобрення

Відповідно потреба на формування однієї тони сухої речовини для міскантусу гігантського складає азоту (N) від 2 до 5 кг/т, фосфору (P_2O_5) від 0,3 до 1,1, калію (K_2O) від 3 до 8 кг/т, а усереднено формування маси сухої речовини на рівні 20 т/га потребує цих біогенних елементів 60, 16 та 80 кг/га. При закладанні плантацій міскантусу гігантського рекомендується одноразове внесення 60-90 кг/га NPK. Окрім того щорічно, навесні на плантаціях міскантусу гігантського слід вносити NPK з нормою 60-120 кг/га. В дослідженнях Pidlisnyuk et al. застосування азоту в нормі понад 60-90 кг/га призвело до зменшення продуктивності плантацій міскантусу гігантського (2019).

Міскантус для успішного росту й розвитку потребує понад 700 мм вологи щорічно, а тому, проведені дослідження з додатковим зрошенням що за вегетаційний період додає до наявної кількості природніх опадів 133 мм вологи, що дозволило максимально довго утримувати вологоємність ґрунту на рівні 85 % норми забезпечило гарну урожайність біомаси міскантусу. Отже, в умовах нестачі опадів цей прийом може бути ефективним засобом функціонування біоенергетичних плантацій міскантусу.

Дослідження перезимівлі рослин міскантусу гігантського в перші роки вегетації показали високу ефективність мульчування соломою, яка збільшує

рівень перезимівлі до 92 з 79 %, при цьому рослини переносять температуру -20°C та нижче.

Для закладання плантацій найбільш придатними є ризоми міскантусу з 3-4 річних рослин, а маса однієї ризоми повинна бути не менше 25-40 г, тоді як рослини що вирости з ризом масою менше 10г показали погані показники інтенсивності росту.

Досліджено, що оптимальною для вирощування міскантусу гігантського є ширина міжрядь 70 см, однак її можна варіювати від 50 до 110 см. При цьому відстань між рослинами в рядках може змінюватись від 45 до 90 см, хоча оптимальною вважається інтервал розміщення рослин в рядку 50 до 70 см, при цьому глибина садіння становить 7-10 см. При цьому встановлено, що оптимальним строком садіння міскантусу ризомами є ранньовесняний, хоча рослини добре приживаються і за висаджування їх в ґрунт і пізно навесні та влітку, основним фактором при цьому залишається доступність вологи в ґрунті (Naidu et al., 2003).

В інших дослідженнях з використанням ризом довжиною 5 см та 12 см встановлено, що краще перезимовують більш довгі ризоми, та це не дивно, бо на них принаймні зберігається більша кількість бруньок. При цьому отримано майже повну приживаємість ризом 98-100 %. А от малі ризоми посаджені надто глибоко мають проблеми з вчасним отриманням сходів. Щодо густоти посадки, то на даний час в основному практикується від 10 тисяч рослин на 1 гектар до 20, однак міскантус гігантський гарно розкущується, тому можна саджати з розрахунку одна рослина на метр квадратний.

Догляд за насадженнями

Також багато дослідників наголошують на тому, що в умовах України та Європейського союзу міскантус гігантський має дуже гарну стійкість до шкідників та хвороб, порівняно з традиційними культурами. Іншими словами в культури немає специфічних збудників хвороб та шкідників, які б цілеспрямовано використовували міскантус гігантський для свого харчування, розмноження та поширення, а тому й витрати на захист посівів зведені до нуля. Хоча припускається що така ситуація може бути виключно на час незначного поширення культури в агрофітоценозах.

Водночас дослідження проведені такими вченими як Рахметов Д.Б., Лікар Я.О. показали що рослини міскантусу можуть ушкоджуватися комахами та нематодами. Так, рослини може пошкоджувати гессенська муха, а також він може бути господарем для кукурудзяного жука. За перших симптомів прояву хвороби на нижніх листках необхідно провести обприскування посівів фунгіцидами беноміл (0,8 л/га); ципроконазолу 80 г/л +200 г/л азоксиistroбіну (0,5-0,75 л/га); 250 г/л пропіконазол (0,5 л/га); карбендазим, 500 г/л (0,5 л/га).

Серед агротехнічних операцій по догляду за плантаціями міскантусу гігантського в перші роки вегетації можна виділити такі як міжрядні обробітки ґрунту на глибину 5-10 см з одночасним застосуванням

підживленням 45-60 кг/га азотними добривами в діючій речовині. Для того щоб рослини гарно формували потужну кореневу систему та готувались до перезимівлі рекомендується в другій половині вегетації вносити 60-90 кг/га фосфорно-калійних добрив в діючій речовині.

Збирання біомаси міскантусу гігантського здійснюють з листопада до березня за найменшої вологості. У листопаді вологість біомаси в середньому становить 40–45 %, а в березні знижується до 20–25 %. Для збирання біомаси використовують різні машини, залежно від потреб ринку (Panoutsou, Chiaramonti, 2020). Зібраний врожай може бути у вигляді січки або тюків. У першому випадку проводиться збирання з одночасним подрібненням (пряме комбайнування), а у другому – скошування у валки з подальшим тюкуванням (роздільне комбайнування).

3.4. СІДА БАГАТОРІЧНА *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby



Ботаніко-біологічна характеристика

Сіда багаторічна (ще її називають сіда гермафродитна або мальва віргінська) – це багаторічна рослина, яку вирощують як енергетичну культуру, а також як кормову. Перспективна культура для відновлюваної енергетики та екологічної рекультивації земель. Підходить для виробництва біогазу, пелет, брикетів, альтернатива міскантусу та енергетичній вербі. Враховуючи високі корисні якості, продуктивність, багаторічність використання, ґрунтозахисну роль сіда має високу продуктивність: 12–25 т/га сухої маси (зольність 2–3 %, вологість 19,3 %). Сіда може зростати на одному місці, створюючи багаторічні

плантації до 20 років.

Рослини високорослі, стебла досягають висоти 250-400 см. Сіда формує потужну кореневу систему. На початкових етапах онтогенезу відбувається формування коріння. З часом коріння розпадається на партикули, кожна з яких може існувати самостійно. При вегетативному розмноженні старовікові рослини можна використовувати для створення нових плантацій. Проведені дослідження дозволяють наголосити на перевазі підзимніх строків сівби. Тоді спостерігається помітне підвищення польової схожості насіння (на 15-20 %), дружне проходження усіх фаз розвитку, а також деяке збільшення показників росту, продуктивності надземної біомаси та насіння (Рахметов, 2011).

У другий і наступні роки життя початок відростання припадає на ранньовесняний період. Бруньки відновлення зимують нижче поверхні ґрунту. Вони розташовані переважно в нижній частині основного стебла і на кореневій шийці, а в окремих випадках – на бічних коренях першого порядку.

Для сіди характерне явище геофілії. На початку осінніх приморозків потовщене багаторічне коріння разом з основою стебла втягується в ґрунт.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Сіда багаторічна – перспективна енергетична культура, яка потребує ретельної технології вирощування для досягнення високої біомаси. **Під плантацію сіди багаторічної** ділянку вибирають виходячи з біологічних особливостей рослини і вимог до екологічних факторів. Сіда продуктивно вирощується на одному місці до 20 років, тому її необхідно розміщувати на

вивідному полі сівозміни, на прифермських ділянках, еродованих і рекультивованих землях. Підходять малопродуктивні, деградовані ґрунти – сіда добре росте на супіщаних і суглинкових землях. Важливо забезпечити добре дренований ґрунт з рН 6,0–7,5. Утворюючи потужну кореневу систему, вона придатна для закріплення схилів, ярів, піщаних ділянок.

Попередниками сіди багаторічної можуть бути озимі зернові, ячмінь, овес, а також просапні культури – кукурудза, рання картопля, овочі. У свою чергу, сіда є гарним попередником для зернових, зернобобових і овочевих культур. Як культура з високою біологічною активністю, вона позитивно впливає на агрофізичні, агрохімічні й агробіологічні властивості ґрунту та сприяє росту, розвитку і підвищенню продуктивності наступних культур сівозміни. За попередніми дослідженнями виявлено, що сіда одна з небагатьох культур, яка не викликає алелопатичної ґрунтової на старовікових плантаціях (В. Грахов, Д.Рахметов, 2003)

Обробіток ґрунту

При розміщенні сіди багаторічної після озимих або ярих зернових культур обробіток ґрунту починають одразу з лушення стерні. Ефективним у боротьбі з бур'янами є дворазове лушення стерні на глибину 8-10 см дисковими лущильниками і дисковими боронами. Це сприяє зниженню кількості бур'янів на 50-70 %. Зяблеву оранку здійснюють у вересні-жовтні на глибину 25-27 см плугами з передплужниками.

Передпосівний обробіток ґрунту проводять залежно від строку сівби – восени або на початку весни. При підзимовій сівбі орють якомога раніше, у вересні. Передпосівну культивуацію виконують на глибину 6-8 см (найкраще – комбінованим агрегатом). При ранньовесняних строках сівби передпосівну підготовку ґрунту починають дуже рано, після дозрівання ґрунту, закриттям вологи зубовими боронами у два сліди. Високу якість передпосівної підготовки ґрунту забезпечують пружинні борони або культиватори. Незалежно від способу підготовки ґрунту, обов'язковою умовою передпосівного обробітку є коткування площі до сівби.

Сівба

Сіду розмножують через насіння або кореневі живці. Оптимальна густота стояння рослин – 12–15 тис. рослин/га. Оптимальний строк сівби підзимовий – за 2-3 тижні до настання стійких морозів, з таким розрахунком, щоб насіння в рік сівби не дало сходів. Насіння за осінньо-зимовий період проходить у ґрунті природну стратифікацію і з потеплінням, ранньою весною, дружно проростає (у III декаді квітня – I декаді травня). Масові сходи з'являються на 20-25 діб раніше, ніж при весняній сівбі. Для весняної сівби насіння необхідно стратифікувати.

Сіду багаторічну доцільніше вирощувати в широкорядних посівах як просапну культуру, з шириною міжрядь 45 чи 70 см. В широкорядних посівах краще використовувати овочеві або ж переобладнану бурякову сівалку. Оптимальна норма сівби насіння з шириною міжрядь 45 см – 5-6 кг/га, з міжряддями 70 см – 3-4 кг/га.

Глибина загортання насіння на важких ґрунтах має становити 10-20 мм, на середніх – 20-30 і на ґрунтах з легким механічним складом – до 40 мм.

Після сівби виконується до- і післясходове боронування легкими боронами.

Догляд за плантаціями

Важливим елементом технології вирощування сіди багаторічної є міжрядний обробіток, який здійснюється у фазі початку стеблуння за наявності 4-6 листків на глибину 4-5 см. У фазі стеблуння необхідний другий міжрядний обробіток на глибину 6-8 см.

Після збирання врожаю проводять останній міжрядний обробіток на глибину 6-8 см. Його необхідно поєднати з внесенням у ґрунт фосфорно-калійних добрив у дозі 60-90 кг/га.

У другий і наступні роки вегетації догляд за посівами простий. Ранньою весною на плантаціях сіди багаторічної проводять боронування. На початку відростання (фаза початку стеблуння) при висоті рослин 15-20 см – розпушування міжрядь з одночасним внесенням азотних добрив у дозі 45-60 кг/га. Наприкінці вегетації, восени, обов'язкова культивування з внесенням фосфорно-калійних добрив у дозі 60-90 кг/га діючої речовини.

Сіда багаторічна має високу біологічну й реальну насінну продуктивність – з 1 га у виробничих умовах одержують 600-800 кг насіння. Коефіцієнт розмноження становить 100-150 га.

Збирання

У перший рік збирання не проводиться – рослина формує кореневу систему. Перший повноцінний урожай – на 2-3 рік вегетації. Збирання – восени, після закінчення вегетації. Як правило проводять механічне скошування та подрібнення для силосу або біомаси: використовують кормозбиральні комбайни, ротаційні або сегментні косарки. Висота зрізу повинна складати не менше 10-15 см для збереження точок росту. За вирощування сіди як джерела для твердого біопалива після скошування біомаса може бути пресована в рулони (як сіно) або подрібнена для пелет/брикетів. При збирання для біогазу свіжа зелена маса подрібнюється та закладається в силосні ями або біореактори. Важливо дотримуватись вологості 65-75 %.

3.5. СИЛЬФІЙ ПРОНИЗАНОЛИСТИЙ *Silhium perfoliatum* L.



Ботаніко-біологічна характеристика

Сильфій пронизанолистий (*Silhium perfoliatum* L.) – багаторічна кормова рослина родини айстрових. Серед багаторічних кормових культур відрізняється найтривалішим використанням – 10-15 років, в окремих випадках до 30 років. Сильфій пронизанолистий є перспективною альтернативою кукурудзі для виробництва біогазу, твердого біопалива та рекультивації земель. Відзначається цінними біологічними і господарськими властивостями, а саме: ефективно використовує сонячну радіацію майже однаково як влітку, так і весною та осінню; забезпечує не тільки високі, але і сталі врожаї зеленої маси з великим

вмістом протеїну, вітамінів, амінокислот і мінеральних речовин.

Урожай зеленої маси – 100–120 т/га, сухої – до 20 т/га: у фазі бутонізації урожайність зеленої маси становить 50-60 т/га, цвітіння – 70–80 і плодоношення – 90–110 т/га. Облиственість у цей період знижується від 50 % (у фазі бутонізації) до 35 % (у фазі плодоношення). При довготривалому використанні за 2 укоси, залежно від форми, формує врожай надземної маси 100–140 т/га, сухої речовини – 19–31 т/га. Зелена маса сильфію містить багато білку й її силосують разом з однорічними злаковими травами, соломою зернових, кукурудзою та іншими культурами з підвищеною цукристістю.

У перший рік сильфій утворює сильну кореневу систему та розетку листків з 6-12 шт. Весняне відростання рослин розпочинається відразу після танення снігу. Вегетаційний період від весняного відростання до досягання насіння становить 150-170 діб. Сильфій утворює потужний кущ із 8-10 пагонів висотою 200-400 см.

Сильфій маловибагливий до ґрунтів, він може давати високі врожаї на опідзолених, чорноземних, лукоболотних, торфових та інших ґрунтах із різним механічним складом, слабокислою чи нейтральною реакцією ґрунтового розчину з доброю водоутримуючою здатністю. Не рекомендується вирощувати на солоних, кислих ґрунтах та з високим рівнем ґрунтових вод.

Посухостійка культура. Критичним періодом водоспоживання вважається фаза від утворення сьомої пари листків до початку цвітіння. В

зонах з кількістю опадів 450-500 мм може формувати високі врожаї до 160 т/га, які формуються в основному за рахунок зимових запасів вологи, а на зрошуваних землях південних зон – більше 230 т/га.

Сильфій пронизанолистий зимо- та холодостійкий. Витримує морози до -20...25 °С. Навесні в період відростання рослини витримують зниження температури до -7...8 °С, восени – до -5...6 °С.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Розміщення плантацій

Сильфій розміщують на запільних добре зволжених ділянках, заплавних землях, у балках і ярах та на низинних місцях. Не можна вирощувати його на заболочених ділянках. Кращими попередниками є озимі зернові, тифон, суріпиця і ріпак озимі, чорний пар.

Обробіток ґрунту

Після збирання попередників поле дискують на глибину 8-10 см. Оранка проводиться в ранні строки на глибину 25-27 см. До пізньої осені обробляють ґрунт за типом напівпару, знищуючи під час культивацій і боронувань бур'яни. Перед сівбою ґрунт ущільнюють кільчасто-шпоровими котками, щоб забезпечити рівномірне загортання насіння при сівбі.

Система удобрення

Враховуючи, що сильфій росте на одному місці багато років, ґрунт необхідно удобрювати. Під оранку бажано вносити 40-60 т/га гною, 60-90 кг/га діючої речовини фосфорних і 90-120 кг/га калійних добрив. Досить удобрювати енергетичну культуру один раз на рік, бажано навесні, дигестатом після біогазової установки, в разі наявності такої. Такий підхід дозволяє утримувати рівень забруднення навколишнього середовища в допустимих межах. Крім того, ця культура добре росте на похилих, схильних до ерозії полях і під час будівельних робіт (Лопушняк, Грицуляк, 2020).

Сівба

Сильфій розмножується двома способами: насінням і кореневищами. При насінневому розмноженні оптимальний строк сівби підзимній, за два тижні до замерзання ґрунту. В цих посівах насіння взимку проходить природну стратифікацію, без якої неможливе отримання дружніх сходів весною. Сіють сильфій широкорядним способом з міжряддями 70 см. Норма висіву насіння – 12-15 кг/га, глибина загортання – 15-20 мм. Сильфій можна сіяти також весною. У цьому випадку насіння попередньо стратифікують протягом 30-40 діб.

При вегетативному розмноженні восени викопують кореневища трьох-, чотирьох-, п'ятирічних рослин, ділять на посадочні одиниці з тим, щоб в кожній було не менше 4-5 бруньок відновлення і висаджують неглибоко, дотримуючись тієї ж самої схеми посадки. Сівбу проводять восени (за 10-15 днів до замерзання ґрунту) з міжряддями 45 або 60 см. Навесні поле потребує догляду, який зводиться до своєчасних прополок і розпушування міжрядь. Зазвичай з 1 м² розсадника можна отримати розсади для 20 м² площі. Розсада

до моменту висадки повинна бути у віці 55-60 днів. Найкращий термін – III декада червня. Схема посадки така ж, як при насіннєвому і вегетативному розмноженні (Турчина та ін., 2021).

Догляд за плантаціями

В перший рік при підзимній та весняній сівбі розпушують міжряддя. Після першого скошування повторюють міжрядний обробіток, щоб створити сприятливі умови для відростання травостою.

В другий і наступні роки посіви сільфію не потребують особливого догляду. Починаючи з другого року, рослини інтенсивно ростуть, швидко зникають міжряддя, пригнічують бур'яни. Тому посіви завжди чисті від бур'янів.

Сільфій щорічно з врожаєм виносить багато поживних речовин. З 10 т зеленої маси винос азоту становить 54 кг, калію – 46, фосфору – 7 і кальцію 53 кг. Тому сільфій дуже чутливий на внесення мінеральних добрив. Досвід показує, що при внесенні добрив врожай його зростає вдвічі. На посівах сільфію ефективні весняні та літні (після першого скошування) підживлення азотними добривами із розрахунку: 90-120 кг/га діючої речовини.

Збирання

Дозрівання насіння сільфію відбувається нерівномірно. Тому насіння збирають вибірково вручну, а коли більшість кошиків досягає воскової стиглості, їх зрізають і досушують на току. Потім обмолочують комбайном. Якщо достиглі кошики становлять 60-70 %, то збирають насіння переобладнаним комбайном на високому зрізі. Після очищення насіння підсушують до вологості 14 % і затарюють у мішки для зберігання. З кожного гектара збирають 500-650 кг/га кондиційного насіння.

Для виробництва біогазу, твердого біопалива або силосу сільфій пронизанолистий збирають восени, після завершення вегетації. Збирання проводиться механічно, з дотриманням агротехнічних норм для збереження багаторічної продуктивності. У перший рік збирання не проводиться – рослина формує кореневу систему. З другого року: щорічне збирання восени (жовтень–листопад) після пожовтіння листя, що свідчить про завершення активного росту. В цей час рослини сільфію має високу концентрацію цукрів і структурних вуглеводів, що сприяє ефективному біогазоутворенню. Оптимальна вологість біомаси: для біогазу – 65–75 %; для твердого палива – <20 %.

3.6. ЩАВНАТ

Rumex patientia L. × *Rumex tianshanicus* A.Los

Ботаніко-біологічна характеристика



Щавнат (*Rumex patientia* L. × *Rumex tianshanicus* A.Los) – це нова багаторічна культура, яку було створено в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка внаслідок гібридизації і багаторічного добору щавлю шпинатного та щавлю тянь-шанського. Висота рослин досягає двох-трьох метрів. Сорти біоенергетичного призначення

(Біекор-1) мають більш потужний габітус. Щавнат має важливе значення як ультрарання овочева, кормова і біоенергетична рослина. Він активно використовується як енергетична культура завдяки високій врожайності біомаси, швидкому росту та невибагливості. Ця рослина забезпечує видобуток енергії нетто в середньому 150-160 ГДж/га. Враховуючи те, що у таких інтенсивно ростучих деревних порід як тополя і верба вихід енергії дорівнюється 160-220 ГДж/га, нетрадиційні багаторічні трав'янисті рослини мають достатньо високий показник енергетичної ефективності. Його застосовують для виробництва біогазу, твердого палива та біоетанолу. Результати багаторічних виробничих випробувань свідчать про високий продуктивний потенціал та екологічну стійкість сортів щавнату в різних зонах України, переважно у зонах Лісостепу та Полісся. Сорти щавнату кормового та біоенергетичного напрямків Румекс ОК-2 та Біекор-1 дають від 85 до 98 т/га зеленої маси, від 11,1 до 12,9 т/га сухої речовини, що робить його конкурентоспроможним із енергетичними культурами, як-от міскантус чи енергетична верба (Рахметов, 2011).

Біогаз: щавнат має високий вміст цукрів і органічної речовини, що сприяє метаногенезу. Потенціал виробництва біогазу – до 400–500 м³/т сухої речовини. Добре поєднується з гноєм, силосом, відходами харчової промисловості. **Біоетанол:** завдяки вмісту легкозброджуваних вуглеводів, щавнат може бути сировиною для ферментації. **Тверде паливо:** щавнат легко піддається сушінню, після чого може бути перероблений у пелети або брикети. Вміст сухої речовини складає 20–25 % із калорійністю близько 14–16 МДж/кг сухої речовини дозволяє ефективно використовувати його для твердого палива.

Щавнат як багаторічна культура характеризується високою екологічною пластичністю, стійкістю до засоленості та кислотності ґрунту, зимо- і морозостійкістю та великою продуктивністю. На початку вегетації (весною) витримують заморозки -3...-5 °С. Восени вегетуючі рослини

витримують заморозки до $-4...-6^{\circ}\text{C}$. Сума ефективних температур (вище $+5^{\circ}\text{C}$) від початку весняного відростання до першого укусу на зелень становить $50-60^{\circ}\text{C}$, на корм – $323-384$, до досягання насіння – $800-830^{\circ}\text{C}$.

Суцвіття має злегка бурувате забарвлення. Розеткові листки великі, яйцеподібно-ланцетної форми, без вираженого антоціанового забарвлення. Стебло набагато потужніше, має більший діаметр у основі. На рослині утворюється не менше як 4 продуктивних генеративних пагони. Листки стеблові довгочерешкові, мають ланцетоподібно-видовжену форму, гладенькі, без антоціанового забарвлення.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ.

Розміщення плантацій

Щавнат як багаторічну культуру варто вирощувати поза сівозміною. Площа повинна бути вирівняною, чистою від бур'янів й удобреною. З метою раціонального використання площі, щавнат доцільно вирощувати після проміжних культур – суріпиці озимої, ріпаку озимого, жита озимого, вико-вівсяної суміші, редьки олійної, які скошуються на зелений корм, а в приватному господарстві після зеленних культур, ранньої картоплі тощо.

Обробіток ґрунту

Підготовку ґрунту необхідно починати з луцення стерні після збирання попередника, внесення добрив та оранки з одночасним ущільненням.

Система удобрення.

Використовуючи посіви щавнату протягом 5-6 років, доцільно вносити під оранку $40-60$ т/га органічних добрив або ж мінеральні добрива з наступного розрахунку діючої речовини: азот – $90-120$ кг/га, фосфору – $60-90$ кг/га і калію – $90-120$ кг/га. Восени в кінці вегетації рекомендується вносити фосфорно-калійні добрива: $40-45$ кг/га фосфору і $45-50$ кг/га калію. З урожаєм надземної маси 10 т в фазах бутонізації та цвітіння щавнат виносить $41-43$ кг азоту, $25-27$ кг фосфору, $43-47$ кг калію і $28-32$ кг кальцію.

Сівба

Найбільш раціональний спосіб сівби для щавнату – широкорядний. На овочі, зелений корм і силос його доцільно вирощувати з міжряддями 45 см, а на насіння – 70 см.

Сівбу щавнату можна проводити свіжозібраним насінням, яке не має періоду спокою. Глибина загортання насіння – $15-25$ мм. Перед і після сівби ґрунт необхідно ущільнювати. Оптимальна норма висіву насіння становить $5-6$ кг/га. Якщо посіви загущені, щавнат самозріджується.

Для сівби можна використовувати овочеві, бурякові та селекційні сівалки, на невеликих площах - ручні сівалки або сіяти взагалі вручну. Під час сівби щавнату для баласту можна застосувати гранульоване мінеральне добриво – нітрофоску або нітроамофоску, в співвідношенні $1:2$. це дає змогу рівномірно висівати насіння, а надалі поживні речовини сприятливо впливають на вегетацію рослини.

Догляд за плантаціями

У перший рік слід провести досходове боронування легкими боронами та розпушити міжряддя. Перша культивація проводиться на глибину 4-5 см після повного позначення рядків, друга – на глибину 6-8 см при висоті розетки 10-12 см.

У другий і наступний роки вегетації догляд за посівами дуже простий. Рано навесні на плантації необхідно провести боронування. На початку відростання (коли висота рослин становить 15-20 см) проводиться розпушування міжрядь на глибину 8-10 см з одночасним внесенням азотних добрив (45-60 кг/га).

Після кожного скошування рослин потрібно проводити розпушування ґрунту в міжряддях. Наприкінці вегетації, восени, обов'язково повторюється ця операція і вносяться фосфорно-калійні добрива: 40-45 кг/га фосфору і 45-50 кг/га калію.

Щавнат взагалі стійкий до хвороб і шкідників. В окремі роки, особливо восени, деякі листки можуть пошкоджуватися антракнозом – вони буріють і сохнуть. У період вегетації бувають пошкодження листків листоїдом і буряковим довгоносіком.

Збирання

Збирають насіння одно- або двофазним способом, залежно від ступеня дозрівання насінників. Після збирання насіння очищують і підсушують до вологості 8–9 %.

Збирання щавнату на енергетичні цілі проводиться з урахуванням максимальної врожайності біомаси та оптимального вмісту сухої речовини. Зазвичай це 1–2 укоси за сезон з використанням техніки для заготівлі сінажу або біомаси.

Строки збирання:

- перший укіс: кінець травня – початок червня (фаза бутонізації – початок цвітіння);
- другий укіс: серпень – вересень (за сприятливих умов).

Для біогазу оптимально збирати в період максимального вмісту розчинних вуглеводів: до повного цвітіння. Для твердого палива збирання проводять восени, коли вміст сухої речовини досягає 30–35 %.

Технологія збирання включає:

- 1) механізоване скошування: косарки-плющілки або роторні косарки;
- 2) підв'ялювання: 1–2 доби на полі для зменшення вологості до 30–40 %;
- 3) збирання:
 - 3.1) для біогазу – подрібнення та силосування в траншеї або рукави;
 - 3.2) для пелет/брикетів – повне висушування (до 12–15 % вологості), подрібнення, пресування.

4. ВИРОЩУВАННЯ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР

4.1. КУКУРУДЗА

Zea mays L.



Ботаніко-біологічна характеристика

Рід кукурудзи (*Zea* L.) на відміну від інших польових і кормових культур має лише один вид – (*mays*) – маїс – кукурудза культурна. Кукурудза займає друге місце в світі по площі вирощування після пшениці. Проте, за прогнозами ФАО, протягом наступних 2–3 років вона вийде на перше місце. В

зерні кукурудзи міститься 65–70% безазотистих екстрактивних речовин, 10–12 % – білка, 4–8 % жиру (в зародку до 40 %), вітаміни А, В1, В2, В6, Е, С, незамінні амінокислоти, мінеральні солі і мікроелементи. Такий склад зерна зумовлює його високу продовольчу, кормову і технічну цінність. З 1 ц зерна можна отримати 56 кг крохмалю (або 60 кг фруктози чи 38 л спирту), 23 кг корму з вмістом протеїну 21 %, 5,2 кг глютеїнового борошна і 2,5 кг кукурудзяної олії, яка відноситься до групи напіввисихаючих (йодне число 113–133), тобто має високі смакові якості. Кукурудза входить у перелік 5 енергетичних рослин як сировина для біопалива в силу 4-х чинників: кукурудза є кращою серед зернових культур для виробництва спирту, оскільки має високу врожайність зерна і високий вміст крохмалю; використання як зерен кукурудзи так і стебел для виробництва енергії пару, сушильного агента і електроенергії для переробки зерна в біоетанол; кукурудза є економічно вигідним поновлюваним джерелом енергії саме для промислового виробництва завдяки доступності і наявності для переробки протягом усього року; врожайність кукурудзи – 10 т/га зерна і 10 т/га стебел – вища, ніж сої та соняшника (3 т/га), що дозволяє отримати 3,1 т/га протеїнових кормів та додатковий бонус у вигляді біоетанолу 3,5 т/га, тобто таку ж кількість кормів, як і з основних культур (Павліський, Нагірний, Павліська, 2010). Близько 40 % урожаю кукурудзи у США, а це 130 млн. тонн на рік, перероблюється для отримання кукурудзяного етанолу. З 1 тонни кукурудзи виробляють близько 400-500 літрів біоетанолу.

Кукурудза – теплолюбна рослина. Мінімальна температура проростання насіння +6..8 °С. У польових умовах сходи з'являються при температурі ґрунту +8..10 °С. Сходи пошкоджуються заморозками -2...-3 °С. Агрокліматичні ресурси зон вирощування кукурудзи істотно різняться за ступенем природного вологозабезпечення протягом вегетаційного періоду рослин. За період вегетації кукурудзи (травень – середина вересня) в Степу, Лісостепу і Поліссі випадає відповідно 210–230, 280–310 і 320–350 мм опадів. 1 мм опадів дає можливість одержати 20 кг зерна з 1 га. Кукурудза – посухостійка рослина. На проростання насіння необхідно 37–40 % води від

їхньої маси. Транспіраційний коефіцієнт складає 220–300. Кукурудза має добре розвинену кореневу систему і розтягнутий період вегетації і є середньовимогливою до родючості ґрунту. Кукурудзу необхідно розміщувати на добре аерованих ґрунтах з глибоким гумусним шаром і високою водоутримуючою здатністю. На формування 1 т зерна кукурудза виносить з ґрунту 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору і 25–30 кг калію. Протягом вегетації елементи живлення поглинаються рослинами кукурудзи нерівномірно. Використання азоту триває до воскової стиглості зерна, з максимальною потребою в період від викидання волоті до цвітіння. Поглинання фосфору проходить більш рівномірно майже до повної стиглості зерна. Калій рослини найбільш інтенсивно використовують у першій половині вегетації та в період утворення і формування зерна

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

Інтенсивна технологія потребує розміщення кукурудзи на зерно після кращих попередників. Раціональне розміщення кукурудзи після кращих попередників сприяє підвищенню урожайності культури на 10–12%.

При вирощуванні кукурудзи в Степу, Лісостепу і Поліссі поряд з агротермічними факторами винятково важлива роль належить умовам зволоження, які суттєво впливають на продуктивність культури.

В умовах Степу кращими попередниками для кукурудзи на зерно є озима пшениця після чорного і зайнятого парів, зернобобові, допустимими – ранні зернові, кукурудза, небажаними – суданська трава, соняшник. У північних і північно-західних більш зволених районах Степу кукурудзу розміщують у таких ланках сівозміни: пар, зайнятий багаторічними травами на один укіс – пшениця озима – кукурудза; пшениця озима по пласту багаторічних трав – пшениця озима – кукурудза.

У Лісостепу добрими попередниками є озима пшениця, зернобобові, кукурудза, картопля. У більш зволених районах (північні, північно-західні й західні), де в осінньо-зимовий період накопичується достатня кількість вологи, кукурудза дає високі врожаї зерна після цукрових буряків.

У Поліссі підбір попередників перш за все залежить від родючості ґрунту. Кращі попередники для кукурудзи – зернобобові, картопля, цукрові буряки, озимі, кукурудза, люпин.

Кукурудза добре переносить повторні посіви протягом 5–7 років за умови збільшення норм добрив і посилення захисту від шкідників і хвороб. Кукурудзу можна розміщувати у сівозмінах короткої ротації після сприятливих попередників, де її частка може складати 30–75 %.

Обробіток ґрунту

Найвищий рівень урожайності кукурудза формує при розміщенні її посівів на полях, де здійснено глибокий основний обробіток ґрунту, що сприяє ефективному накопиченню вологи та зумовлюється морфологічною будовою її кореневої системи. При вирощуванні кукурудзи застосовують

зяблевий обробіток ґрунту. Якщо поле засмічене переважно однорічними бур'янами, використовують систему напівпарового зяблевого обробітку, а якщо багаторічними – поліпшеного зяблевого обробітку. Вся система обробітку у всіх зонах має бути спрямованою на максимальне очищення ґрунту від бур'янів, а в умовах недостатнього зволоження – і на зберігання та нагромадження в ньому вологи.

Після стерньових попередників проводять лушення дисковими лушильниками, а на ущільнених і сухих ґрунтах – лемішними або дисковою бороною на глибину 6–8 см. Якщо поле засмічене однорічними бур'янами, після проростання бур'янів проводять оранку плугами з передплужниками на глибину 25–30 см (на дерново-підзолистих і сірих опідзолених ґрунтах на глибину орного шару). Оранку треба проводити в агрегаті з секціями кільчасто-шпорових котків і боронами. Після цього за полем доглядають, як за паром, підтримуючи його в чистому стані за допомогою системи боронувань і культивацій.

Кукурудза добре росте на ґрунтах з глибоким окультуреним орним шаром, тому в усіх зонах основний обробіток (оранку чи плоскорізне розпушування) треба виконувати на глибину 25–30 см. На сірих опідзолених і дерново-підзолистих ґрунтах глибина оранки не повинна перевищувати глибини орного шару, тобто 20–22 см. На цих ґрунтах доцільно поглиблювати орний шар розпушуванням без перевертання. Відразу після оранки слід зарівняти борозни і гребені. Щоб запобігти ерозії ґрунту, в районах поширення вітрової і водної ерозії основний обробіток проводять плоскорізними знаряддями. Після збирання попередника і лушення стерні поле обробляють плоскорізами на глибину 12–14 см, а після цього на глибину 25–27 см плоскорізами-глибокорозпушувачами.

Кращий енергетичний і ґрунтозахисний ефект забезпечує чизельний обробіток, при проведенні якого заощаджується 10–12 кг/га пального, експлуатаційні витрати скорочуються майже вдвічі, витрати праці – на 31%, енергоємність знижується в 1,4 рази. В господарствах з високою культурою землеробства, де використовують інтегровану систему контролювання бур'янів, під кукурудзу проводять мілкий обробіток на глибину 12–14 см. Останніми роками поширення набула ґрунтозахисна енергозберігаюча технологія прямої сівби кукурудзи без обробітку ґрунту – „No-Till”.

Весняний обробіток починають із закриття вологи важкими зубовими боронами.

На полях, засмічених коренепаростковими бур'янами, такими як осот (види), пирій повзучий, березка польова, латук дикий, латук татарський, молочай лозяний, необхідно восени внести гербіциди загальновинищуваної дії: Раундап – 4,0–6,0 л/га, Гліфосат – 4,0–5,0 л/га, Гліфос Супер – 1,6–3,2 л/га, Ураган – 3,0–6,0 л/га.

Передпосівний обробіток ґрунту передбачає проведення ранньовесняного боронування з метою закриття вологи і вирівнювання

поверхні ґрунту. Останнє проводять за настання фізичної стиглості ґрунту шлейф-боронами або вирівнювачами під кутом 45^0 до основного обробітку. Обробіток проводять на глибину загортання насіння. Розрив у часі між передпосівним обробітком і сівбою повинен бути якнайменшим. Перед сівбою або зразу після неї вносять гербіциди ґрунтової дії.

Конкурентоспроможність кукурудзи на початкових етапах розвитку низька, а тому переважна більшість (90 %) її площ забур'янюється. Найефективніший захист від бур'янів в посівах – застосування ґрунтових гербіцидів.

За високої потенційної засміченості посівів однорічними злаковими і дводольними бур'янами доцільно застосувати ґрунтові гербіциди: Дуал Голд 960 ЕС, к.е. (1,0–1,3 л/га), Трофі 90, к.е. (2,0–2,5 л/га), Тайфун, к.е. (1,6–2,1 л/га), Фронт'єр Оптіма, к.е. (0,8–1,4 л/га), Харнес, к.е. (1,5–3,0 л/га), Герб 900, к.е. (1,5–3,0 л/га), Гезагард 500 FW, к.с. (2–4 кг/га), Екстрем, к.е. (1,5–3,0 л/га), Примекстра Голд 720 SC, к.с. (2,5–3,5 л/га) та інші рекомендовані препарати, які необхідно вносити під передпосівну культивуацію або зразу після сівби кукурудзи, але до сходів культури.

Система удобрення кукурудзи включає основне удобрення, припосівне і підживлення. Найбільшу кількість добрив вносять до сівби в основному удобренні. При інтенсивній технології і вирощуванні кукурудзи в умовах мінімалізації обробітку ґрунту часто всю норму добрив вносять до сівби, заробляючи добрива на різну глибину.

В основному удобренні ефективні мінеральні і органічні добрива. Органічні вносять восени під найглибший обробіток граніту з розрахунку 20–25 т/га у посушливих степових районах, 30–35 т/га у лісостепових та по 35–40 т/га на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах Полісся. Ефективність внесення мінеральних добрив у передпосівний період залежить від ґрунтово-кліматичних умов, попередника і його удобрення. Дози добрив при допосівному внесенні залежать від загальної норми добрив, яку розраховують балансовим методом на заплановану врожайність за вмістом елементів живлення у ґрунті і виносом їх з урожаєм. За узагальненими даними, середні норми добрив на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах становлять $N_{90-130}P_{80-90}K_{60-120}$, у Лісостепу на сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених, вилугуваних, типових – $N_{90-120}P_{60}K_{60}$, у степових районах на чорноземах звичайних, карбонатних і південних, а також на каштанових ґрунтах – $N_{30-60}P_{30-60}K_{30}$, на зрошуваних землях Степу – $N_{120-150}P_{60-90}$. За умов недостатнього зволоження добрива для основного удобрення краще вносити восени, а в районах достатнього зволоження та на ґрунтах легкого механічного складу – фосфорні і калійні добрива під зяблевий обробіток ґрунту, а азотні – навесні під культивуацію.

Щоб поліпшити живлення молодих рослин, підвищити стійкість до несприятливих умов, посилити укорінення, застосовують припосівне локальне удобрення. Добрива при цьому вносять одночасно з сівбою туковисівними пристроями сівалок на відстані 3–5 см збоку від рядка і на

4–5 см нижче глибини загортання насіння. Рядкове удобрення підвищує врожайність на 0,2–0,4 т/га.

Під час вегетації кукурудзи проводять підживлення. Оптимальні строки підживлення припадають на період від 3–го до 6–го листка та під час найінтенсивнішого росту – перед викиданням та в період викидання волотей.

Як додатковий резерв поповнення ґрунту органікою, слід використовувати післяжнивні органічні рештки всіх культур сівозміни, заорюючи їх у ґрунт, за умови обов'язкового додавання 7–10 кг азоту на 1 т решток.

Сівба

За узагальненими даними науково-дослідних установ зон кукурудзосіяння, оптимальним строком сівби кукурудзи є стійке прогрівання ґрунту до $+8...10^{\circ}\text{C}$ на глибині загортання насіння. Як надто ранні, так і пізні строки сівби знижують урожай зерна культури. Експериментальні дослідження показують, що при ранніх (стійке прогрівання ґрунту до $+6...8^{\circ}\text{C}$) строках сівби у рослин кукурудзи цвітіння волотей настає раніше, ніж при пізніх строках. Ранні посіви раціональніше використовувати ґрунтові запаси вологи та уникають негативного впливу посушливих явищ впродовж вегетації.

За сприятливих умов проростання насіння і відсутності бур'янів рання сівба кукурудзи (стійке прогрівання ґрунту до $+6...8^{\circ}\text{C}$) має суттєву перевагу відносно пізньої. Встановлено, що ранньостиглі та середньоранні гібриди майже не знижують урожайність при запізненні з сівбою, а більш пізньостиглі гібриди – краще реалізують свій генетичний потенціал за сівби в ранні строки. При такій сівбі всі біотики мають найменшу вологість зерна при збиранні. За ранньої сівби обов'язково слід враховувати рівень холодостійкості гібрида та застосовувати відповідні технологічні заходи захисту насіння при його підготовці (обов'язкова інкрустація насіння комплексом препаратів: фунгіцидний протруйник, мікроелементи, регулятор росту). При прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до $+6...8^{\circ}\text{C}$ в першу чергу необхідно висівати більш холодостійкі ранньостиглі і середньостиглі гібриди.

Для одержання гарантованих дружних сходів кукурудзи надзвичайно важливим є наявність продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту. Запаси продуктивної вологи під час сівби культури в шарі 0–10 см вважаються недостатніми при її вмісті в кількості 7–8 мм, задовільними – 9–13 мм, добрими – 14–15 мм і більше.

Кукурудзу на зерно і силос висівають широкорядним пунктирним способом з шириною міжрядь 70 см. Глибина загортання насіння кукурудзи істотно залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, його вологості і температурного режиму. Оптимальна глибина загортання насіння кукурудзи при сівбі на важких суглинкових ґрунтах 4–5 см, на легких суглинкових – 5–6, чорноземних – 5–7, а на супіщаних – 6–8 см. При пересиханні верхнього

шару глибини загортання насіння збільшують на 1–2 см.

Правильний вибір густоти стояння рослин дає можливість підвищити продуктивність кукурудзи на 20–30%. Оптимальна густота рослин залежно від ґрунтово-кліматичних умов і біотипів гібридів коливається в межах 40–80 тис./га. Для ранньостиглих гібридів густота стояння рослин може зростати до 90–100 тис./га.

При розміщенні кукурудзи після кращих попередників і доброї вологозабезпеченості слід орієнтуватись на верхню межу густоти, а після гірших і в умовах недостатнього зволоження – на нижню.

Догляд за посівами

За посушливих умов, після сівби доцільно провести коткування поля кільчасто-шпоровими котками, що забезпечить кращий контакт насіння з ґрунтом та сприятиме підняттю ґрунтової вологи по капілярах у верхні шари ґрунту.

У післяпосівний період необхідно проводити захист посівів від бур'янів, розпушування міжрядь, вносити мінеральні добрива і стимулятори росту.

При правильному застосуванні базових ґрунтових гербіцидів майже повністю знищуються бур'яни і немає потреби в проведенні міжрядних обробітків. Якщо дія базових гербіцидів недостатня, у фазу 5–7 листків у кукурудзи застосовують страхові гербіциди: Мілагро 040 SC, к.с. (1,0–1,25 л/га), Тітус 25, в.г. (40–50 г/га), Базис, 75%, в.г. (20–25 г/га + 200 мл/га ПАР Тренд 9), МайсТер, в.г. (0,15 кг/га), Каллісто (200 мл/га) + Мілагро (1,0 л/га), які в основному забирають майже весь спектр бур'янів в посівах кукурудзи, розповсюджених у зоні Лісостепу та Полісся. Їх можливо використовувати по технології No-till, за якої застосовувати ґрунтові гербіциди неефективно. Вибір страхових гербіцидів, а також поєднання їх у бакову суміш залежить від основних видів бур'янів та фази розвитку культури.

Міжрядні обробітки ґрунту регулюють його водно-фізичні властивості та знищують бур'яни. Перший міжрядний обробіток посівів кукурудзи здійснюють у фазу 5–7 листків, другий – у фазу 9–10 листків. Якщо об'ємна маса ґрунту (1,2 г/см³) відповідає біології культури і кількість бур'янів не перевищує ЕПШ, проводити міжрядний обробіток недоцільно.

У разі заселення, більш як 18 % рослин кукурудзи гусеницями стеблового кукурудзяного метелика, за досягнення їх чисельності ЕПШ необхідно провести обприскування посівів Денисом-ф-Люкс, к.е. – 0,4–0,7 л/га; Карате Зеон 050, м.к.с. (0,2 л/га), Регент 20, г (5–10 кг/га), Кайзо, в.г. (0,2 кг/га).

У фазу викидання волоті проти кукурудзяного метелика випускають вогнівкову форму трихограми у два терміни: на початку і в період масового відкладання яєць шкідником. Перший випуск – 50 тис. самок на 1 га; 2-й – залежно від кількості яйцекладок на 100 рослин: до 3-х – 50 тис. га; 3–5 – 100 тис. га; 6–8 – 150 тис. га; понад 8 – 200 тис. га. Проти лучного метелика 1-й випуск трихограми проводять з розрахунку 50 тис. самок на 1 га, 2-й і 3-й – з

розрахунку 1 самка на 10 яєць шкідника.

Збирання

У фазу молочно-воскової стиглості зерна, коли вологість зеленої маси не перевищує 65–70%, а вміст сухих речовин становить 25–30% – кукурудзу збирають на силос. Від молочної до воскової стиглості вихід кормових одиниць збільшується на 33%, перетравного протеїну – на 17%, а середньодобовий приріст сухого зерна складає 0,15–0,20 т/га. Подрібнену масу силосують з наступним трамбуванням у траншеях та вкривають плівкою або соломою. Вологість силосу не повинна перевищувати 75 %. Залежно від напрямку використання й умов зберігання зерно кукурудзи збирають без обмолоту качанів або з їх обмолотом в полі. Збирання врожаю культури без обмолоту качанів розпочинають при вологості зерна не більше 40 %, а з обмолотом – при 30 %. В процесі дозрівання зерно кукурудзи підсихає з різною швидкістю залежно від групи стиглості гібридів, їх морфологічних ознак та вологості зерна. Гібриди, які формують качани з тонким стрижнем, відрізняються інтенсивною вологовіддачею, швидше підсихають, що дуже важливо для збереження врожаю, особливо в районах з дощовитою і прохолодною осінню. На швидкість підсихання зерна істотно впливає також і його вологість. Тому при визначенні строків збирання доцільно враховувати середньодобову вологовіддачу, яка за даними ДУ ІСГСЗ НААН складає 0,8–1,2 %, 0,5–0,7 % і 0,3–0,4 % при вологості зерна відповідно 35–40; 30–35 і 25–30 %. Інтенсивна вологовіддача зерна кукурудзи практично припиняється при зниженні середньодобової температури повітря до +5...6 °С та підвищенні його відносної вологості до 80–90 %.

4.2. СОРГО ЦУКРОВЕ

Sorghum saccharatum (L.) Moench



Ботаніко-біологічна характеристика
Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) однорічна трав'яниста рослина родини тонконогових (Poaceae).

Цукрове сорго – універсальна культура, сировина якої може використовуватись як у кормовиробництві й харчовій промисловості, так і для виробництва

біопалива. Із соку цукрового сорго виготовляють не кристалізований, а рідкий цукор – сироп. Завдяки високому вмісту цукрів сік цукрового сорго використовується для виробництва біоетанолу. Сучасні вітчизняні високопродуктивні гібриди цукрового сорго дозволяють отримати до 4,5 т/га біоетанолу. Після видалення соку вологість стебел цукрового сорго не перевищує 40%, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів). Таким чином, загальний вихід енергії, яку можна отримати з 1 га посівів цукрового сорго перевищує 500 ГДж, що свідчить про перспективність використання цієї культури для біоенергетики (Ковальчук, Григоренко, Костенко, 2009). Біомаса цукрового сорго може використовуватись для виробництва біогазу. Завдяки високій продуктивності, цукрове сорго забезпечує найбільший серед інших сільськогосподарських рослин вихід біогазу з одиниці площі – до 17,6 тис. м³/га з вмістом метану 60 %. Хімічний склад цукрового сорго, %: вода – 63-65; цукроза – 8,8-11,2; інші цукри – 1,3-2,3; клітковина – 6,8-7,3; крохмаль – 4,5-5,2; білки – 2,6-2,9; пектинові речовини – 0,4-0,60. Середня врожайність зеленої маси цукрового сорго становить 40-60 т/га. Вихід біоетанолу залежить від вмісту цукру в соку, кількість якого в рослині становить 80-85 % від біомаси стебел. Залежно від сортових особливостей і фази збирання в соці сорго може міститися від 16 до 20 % цукру.

Сорго – теплолюбна культура. Мінімальна температура проростання складає +10 °С, заморозки навіть до -1 °С можуть пошкодити сходи. Посухостійка культура завдяки С4-фотосинтезу та глибокій кореневій системі. Може витримувати тривалі періоди без опадів. Вимагає відкритих, добре освітлених ділянок. Затінення знижує вміст цукрів у стеблах. Невибаглива до ґрунтів культура, яка може вирощуватися на малородючих і маргінальних землях.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

Цукрове сорго можна вирощувати після будь-яких попередників, однак рекомендованими для нього є ранньостиглі культури, після яких поля не забур'янені та мають значний запас ґрунтової вологи. Найкращими попередниками для цукрового сорго є зернобобові та озимі культури. Не рекомендується висівати цукрове сорго після проса, оскільки ці культури мають багато спільних хвороб та шкідників (Гунчак, 2014). Цукрове сорго формує високі врожаї зеленої маси, а отже виносить з ґрунту велику кількість поживних речовин і вологи.

Обробіток ґрунту

Система основного обробітку ґрунту під цукрове сорго включає лущення дисковими робочими органами на глибину 6-8 см, внесення гербіциду суцільної дії для знищення сходів бур'янів та падалиці, оранку на глибину 25-27 см та вирівнювання поверхні поля. Після збирання попередника у ґрунті залишається волога, витратам якої через випаровування можна запобігти своєчасним і якісним лущенням стерні. На полях, засмічених багаторічними коренепаростковими або кореневищними бур'янами, глибину безпліцевого обробітку слід збільшити до 12 см. Для вирівнювання поверхні поля, знищення сходів бур'янів та створення сприятливих умов для накопичення ґрунтової вологи у осінньо-зимовий період після оранки необхідно провести суцільну культивуацію на глибину 5...7 см культиваторами.

Весняний обробіток ґрунту складається з комплексу заходів, спрямованих на підтримання поверхні поля в розпушеному вирівняному стані, збереження накопиченої ґрунтової вологи, контролювання чисельності бур'янів та створення сприятливих умов для проростання насіння цукрового сорго і включає ранньовесняне боронування ґрунту та дві культивуації комбінованими агрегатами. Для цього, за настання фізичної стиглості ґрунту, проводять ранньовесняне боронування на глибину до 5 см впоперек або під кутом до напрямку оранки в один-два сліди важкими та середніми зубовими чи пружинними боронами. Цукрове сорго належить до теплолюбних культур, насіння яких висівається наприкінці квітня-початку травня, тому має місце значний розрив у часі між закриттям вологи і сівбою насіння, що обумовлює необхідність у проведенні двох культивуацій.

Система удобрення

Цукрове сорго невибагливе до забезпечення елементами живлення, проте досить активно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив. Під цукрове сорго, як біоенергетичну культуру, рекомендується вносити мінеральні добрива у нормі $N_{60-80}P_{60-80}K_{30}$.

Сівба

Для забезпечення появи повних дружніх сходів для сівби слід підбирати насіння крупної або середньої фракцій. Особливо негативно на схожість насіння цукрового сорго впливає термін його зберігання. Тому

доцільно використовувати насіння, яке зберігалось не більше двох років. Обов'язковим заходом є протруювання насіння фунгіцидними препаратами Вітавакс 200 ФФ, в.с.к. (2,5–3,0 л/т), Максим XL 035 FS, т.с.к. (5,0 л/т). Для захисту від шкідників одночасно з протруюванням фунгіцидами насіння обробляють інсектицидним препаратом Круїзер 350 PS, т.к.с. (4,0 л/т). Строки сівби мають важливе значення у водозабезпеченні рослин, а також в оптимізації світлового режиму. Вибір строку сівби залежить від кліматичних умов, стану ґрунту, біологічних особливостей сортів і гібридів. Розпочинати сівбу цукрового сорго слід за середньодобової температури ґрунту на глибині 10 см – 12...14 °С. Для півдня України такі температури спостерігаються в період III декади квітня – II декади травня. За ранніх строків сівби у недостатньо прогрітий ґрунт (+7...8 °С) сходи з'являються на 30–35 добу, а польова схожість насіння знижується до 30 %. Незначні заморозки до -2 °С впродовж доби знищують сходи цукрового сорго. Сівбу насіння рекомендується проводити сівалками точного висіву з шириною міжрядь 45 см або 70 см.

Оптимальна густота стояння рослин цукрового сорго для зони достатнього зволоження України становить 220–270 тис. шт/га, нестійкого зволоження – 180–220 тис. шт/га, недостатнього зволоження – 140–180 тис. шт/га. Під час встановлення норми висіву слід враховувати, що польова схожість насіння на 20–25 % менша за лабораторну. Для проростання насіння цукрового сорго необхідна менша кількість вологи порівняно з іншими культурами. Так, для набухання насіння цукрового сорго достатньо лише 35 % води від маси самого насіння, тоді як для кукурудзи – 40 %, пшениці – 60 %. Однак, за мілкої сівби та посушливих весняних умов, насіння цукрового сорго, потрапляючи в суху землю, не дає сходів. Тому оптимальною для більшості регіонів України є глибина загортання насіння 4–6 см.

Догляд за посівами

Головна мета догляду за посівами цукрового сорго полягає в підтриманні посівів у чистому від бур'янів стані, а також у створенні сприятливих ґрунтових умов для розвитку рослин. Цукрове сорго повільно росте на початку вегетаційного періоду, тому сходи бур'янів, які в цей період ростуть швидше, пригнічують сходи рослин сорго. Рихлення ґрунту в міжряддях у посівах цукрового сорго має не менше значення, ніж знищення бур'янів, оскільки рослини сорго погано переносять переущільнення ґрунту. Післяпосівне прикочування збільшує контакт насіння з ґрунтом, підтягує капілярну вологу із нижніх більш вологих шарів ґрунту і вирівнює його поверхню. Прикочування також сприяє швидкому і дружньому проростанню насіння бур'янів, які потім можуть бути знищені досходовим боронуванням впоперек рядків. Прикочування виконують кільчасто-шпоровими котками, які утворюють ребристу поверхню ґрунту, що перешкоджає утворенню ґрунтової кірки. Щоб уникнути пригнічення рослин цукрового сорго гербіцидами, його насіння обов'язково має бути оброблене антидотом типу

Концеп III 960 ЕС, що забезпечує стійкість рослин сорго до дії S-метолахлору, який входить до складу таких гербіцидів, як Дуал Голд 960 ЕС та Примекстра Голд 720 SC. Ґрунтовий гербіцид Дуал Голд 960 ЕС у нормі 1,6 л/га забезпечує захист рослин сорго впродовж 8-10 тижнів від однорічних злакових бур'янів (мишій, просоподібні) та деяких однорічних дводольних (щириця, грицики та ін.). Його можна вносити під передпосівну культивуацію або під час сівби. Значно ширший спектр дводольних бур'янів контролюють гербіциди комбінованої дії Примекстра Голд 720 SC в нормі 3,0–3,5 л/га та Примекстра TZ Голд 500 SC в нормі 4,0–4,5 л/га. Цукрове сорго краще ніж інші сільськогосподарські культури протистоїть впливу шкідників та хвороб, проте і воно уражується патогенами, чисельність яких слід контролювати старанним виконанням основних агротехнічних заходів та хімічними засобами. Проти плямистостей у період вегетації застосовують Бірекс КС (за умови прояву) – 0,5 л/га та Тітул Дуо – 0,25 л/га. Найпоширеніший шкідник цукрового сорго – попелиця, яка уражує в основному молоді рослини, висмоктуючи з їх листя й стебел сік, у результаті чого ріст рослин уповільнюється, а іноді молоді рослини сорго у фазі до 4-5 листочків навіть гинуть. Для захисту посівів цукрового сорго в період вегетації від попелиці застосовують Енжіо 247 SC (0,18 л/га). У період викидання волотей, рослини цукрового сорго іноді пошкоджує кукурудзяний метелик. Для контролювання чисельності цього шкідника застосовують Децис, 2,5 % к.е. (0,5–0,7 л/га), Децис Форте, 12,5 % к.е. (0,05–0,08 л/га), Карате 050 ЕС, к.е. (0,2 л/га), Карате Зеон 050 CS, м.к.с. (0,2 л/га), Штефесін, 2,5 % к.е. (0,5–0,7 л/га). Але ефект від використання інсектицидів залежить від точності визначення строків обробок. Найвища ефективність досягається за внесення препаратів під час проникнення перших гусениць шкідника у стебла, тобто через 2-3 тижні після початку льоту метелика або під час масового льоту.

Збирання

Строки та спосіб збирання біомаси цукрового сорго залежать від подальшого її використання: для виробництва біогазу, біоетанолу та твердого біопалива. Якщо біомаса використовується як сировина для виробництва біогазу, то цукрове сорго слід збирати у період максимальної врожайності зеленої маси, яка досягається у фазі формування і наливу зернівки. У цей період суха речовина біомаси становить 20–25 %, що є оптимальним для виробництва біогазу. У зоні достатнього зволоження, з метою отримання більшої кількості біомаси для біогазу з одиниці площі цукрове сорго можна збирати двічі: наприкінці липня (у період інтенсивного росту) та на початку жовтня. Для виробництва біогазу можна використовувати всю біомасу цукрового сорго (стебла, листя та волоті), тому збирання цукрового сорго здійснюється звичайними силосозбиральними комбайнами.

У випадку використання біомаси цукрового сорго в якості сировини для виробництва біоетанолу та твердого біопалива збирання врожаю слід розпочинати у період максимального накопичення цукрів у соці стебел. Як правило це відбувається наприкінці вересня у фазі повної стиглості зерна.

Під час збирання біомаси на біоетанол слід відокремлювати стебла від листя та волотей, оскільки їх наявність негативно впливатиме на вихід біоетанолу. При цьому, стебла цукрового сорго не слід інтенсивно подрібнювати, так як це призводитиме до втрат цукромісткого соку під час транспортування та зберігання біомаси. Розмір подрібнених частин стебла не повинен бути меншим 15–25 см. Збирання стебел цукрового сорго на біоетанол здійснюють комбайнами для збирання цукрової тростини, такими як Case A8000, Claas Venter та іншими. Відокремлене листя залишається на поверхні поля, а очищена стеблова біомаса цукрового сорго подається до транспортного засобу. Зібрану в такий спосіб біомасу цукрового сорго можна зберігати не більше 2–3 діб. Свіжий, не пастеризований сік цукрового сорго може зберігатись не більше 2–3 годин, тому розрив у часі між видавлюванням соку і його подальшою переробкою на біоетанол повинен бути мінімальним.

5. ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

5.1. СОНЯШНИК

Helianthus cultus sativus Wenz.



Ботаніко-біологічна характеристика

Соняшник активно використовується для виробництва біопалива в Україні – з нього отримують біодизель, біогаз (ферментація залишків (макухи, шроту, стебел, кошиків у біореакторах) і тверде паливо (пелети, брикети) з побічної біомаси (Kalenska et al., 2013). Є досить перспективним використання соняшnikової олії для виробництва біопалива, оскільки площі культури в

Україні та її переробка є досить значними. Проте, висока вартість соняшnikової олії та великий попит як цінного харчового продукту робить це виробництво досить затратним. Окрім того, хімічний склад олії лінолевих гібридів часто не дозволяє отримати біодизель, який би відповідав європейському стандарту EN 14214 (Kalenska et al., 2011). Проте, високоолеїновий соняшник стає реальною альтернативою ріпаку, особливо в посушливих регіонах та робить соняшник цінною культурою в хімічній галузі: паливні характеристики олії прямо залежать від співвідношення лінолевої та олеїнової кислот (Поліщук та ін., 2011). Високий вміст олеїнової кислоти дозволяє отримувати біодизель європейських стандартів. Пелети та брикети мають високу теплоту згоряння (до 16–18 МДж/кг). Це перспективний напрямок для енергетичної трансформації агросектору.

Біологічні особливості соняшнику формувались під впливом степового континентального клімату, який характеризується ранньою короткою весною та жарким літом. Соняшник досить вибагливий до умов вирощування, відносно теплолюбна культура. Насіння починає проростати при температурі +2...5 °C. Встановлено, що окремі сходи з'являються, коли сума ефективних температур (вище +5 °C) складає 80–85 °C, а масові сходи – при сумі 110–115 °C. Сходи соняшнику добре переносять тимчасові заморозки до -7...-8 °C, але при цьому потребують доброго освітлення. Середньодобова температура повітря у першій половині вегетації повинна бути біля +22 °C, а в період "цвітіння – дозрівання" – +24...25 °C. Для дозрівання соняшнику необхідна сума ефективних температур 2300–2700 °C.

Вимоги до вологи – високі, незважаючи на те, що рослина посухостійка. Транспіраційний коефіцієнт у нього знаходиться у межах 470 – 570. Протягом вегетації соняшник витрачає вологу нерівномірно. За період від сходів до утворення суцвіття соняшник витрачає 23 % необхідної йому вологи, від утворення кошика до цвітіння – 60 та від цвітіння до збирання –

17 %. Соняшник – рослина короткого дня, дуже вибаглива до інтенсивного сонячного освітлення. Затінення призводить до послаблення росту і утворення дрібних кошиків, стебло витягується.

Соняшник добре росте на вилугуваних, глибоких та звичайних південних чорноземах, а також на каштанових ґрунтах. Погана росте він важким глинистим ґрунтам, схильним до заболочування, а також на піщаних ґрунтах. Сприятливий для росту рослин соняшнику інтервал рН 6,7-7,2. На утворення 1 т насіння соняшник виносить з ґрунту в середньому: азоту 50-60 кг, фосфору 20-25 кг і калію 100-120 кг, при співвідношенні 3:1:6. У перші 30 днів росту соняшник засвоює з ґрунту азоту – 16, фосфору – 10, калію – 9 %, а в наступні 30 днів, коли йде інтенсивний ріст, відповідно – 84, 57 і 75 %.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

При беззмінному вирощуванні соняшнику різко знижується врожайність із-за пошкодження рослин шкідниками, хворобами та бур'янами-паразитами. Так, сівба соняшника по соняшнику через два роки призводила до різкого збільшення враженості вовчком – 86 % проти 13 % у сівозміні, врожайність знизилась з 1,49 до 0,49 т/га. Тому соняшник розміщують у просапному полі сівозміни з таким розрахунком, щоб він повертався на старе місце не раніше як через 7-8 років.

Найкращим попередником для соняшника є озимина, яку висівали по зайнятих і чистих парах. У Лісостепу, де умови зволоження більш сприятливі, попередником соняшнику можуть бути також ярі колосові культури та кукурудза. Соняшник не слід розміщувати після буряків цукрових, суданської трави, сорго, багаторічних трав, так як вони дуже висушують ґрунт на велику глибину, що призводить до дефіциту вологи, особливо в критичний для соняшнику період (цвітіння – налив). Не слід розміщувати соняшник після сої, гороху, квасолі, так як ці культури мають з ним ряд спільних захворювань (склеротініоз, сіра гниль та ін.). Не рекомендується розміщувати у сівозміні соняшник після ріпаку, хоча той покращує структуру ґрунту, що є важливим для соняшнику та зернобобових. Це пояснюється чутливістю як соняшнику, так і ріпаку та інших хрестоцвітних та зернобобових до білої гнилі. Тому між цими культурами потрібно витримувати хоча б чотирирічну перерву.

Обробіток ґрунту

Головним завданням зяблевого обробітку під соняшник є нагромадження достатньої кількості вологи в кореневмісному шарі, мобілізація поживних речовин, активізація біологічних процесів ґрунту, знищення бур'янів. Спосіб і терміни підготовки ґрунту під соняшник обирають диференційовано, залежно від попередника та наявності відповідних технічних засобів, використовуючи одну з відомих технологій: класичну (традиційну), мінімальну, Strip-Till чи нульову (No-Till).

Основним способом основного обробітку ґрунту в зонах вирощування

соняшнику є поліпшений зяблевий обробіток з глибиною оранки 25–27 см. На дуже забур'яненних полях після збирання попередника і відростання бур'янів використовують гербіциди суцільної дії. При розміщенні посівів соняшника після кукурудзи перед оранкою поле розпушують важкими дисковими бородами для подрібнення післяжнивних залишків. У зоні достатнього зволоження можливе застосування напівпарового обробітку.

Обробляючи ґрунт під сівбу соняшнику, потрібно враховувати особливості регіону та інші чинники. Особливо це стосується Півдня України, де соняшник найчастіше чергують з озимими зерновими. У регіонах, де можлива вітрова ерозія ґрунту, основний обробіток проводять ґрунтозахисними знаряддями. В цьому випадку обробіток ґрунту під соняшник проводять плоскорізами на глибину 25–27 см.

Для енергоощадження в багатьох господарствах України застосовують безплосцевий основний обробіток: наприклад, дискування важкою дисковою бороною з глибиною обробітку не менше 16–18 см. Добрі результати також показують технології обробітку ґрунту Strip-Till та Verti-Till.

При сівбі, внесенні добрив, контролюванні рівня забур'яненості, захисті посівів від хвороб та шкідників потрібно враховувати такі наслідки безплужного обробітку ґрунту:

- пізніше прогрівання ґрунту;
- нижча польова схожість насіння;
- більш пізня та нижча мінералізація органічного азоту;
- посилене засмічення коренепаростковими та кореневищними бур'янами;
- посилене враження хворобами.

Технологія No-Till також має ряд особливостей і з кожним роком стає більш актуальна в умовах нестачі вологи та деградації ґрунтів. Складність переходу на цю технологію в тому, що потрібно розуміти, що це не просто відсутність обробки ґрунту, а зовсім інші підходи, що передбачають ряд технологічних процесів для збереження ґрунтової вологи, покращення структури ґрунту та відновлення родючості, що в подальшому допоможе максимально розкрити потенціал даної технології.

Після збирання попередника, на полях відведених під соняшник, восени рекомендується провести обприскування раундапом для знищення однорічних (1,5–2,0 л/га та багаторічних (2,0–4,0 л/га) злакових і двосім'ядольних бур'янів.

Кількість проходів техніки по полю навесні перед сівбою потрібно обмежити до мінімуму, щоб зберегти структуру ґрунту і підготувати лише зону закладення насіння, а також щоб зберегти ґрунт від переущільнення, пересушення та розпилення. Весняний і передпосівний обробіток ґрунту полягає у ранньому закритті вологи й проведенні 1–2 обробітків (культиваций). Рекомендується уникати непотрібних проходів по полю й обмежитися у весняний період лише закриттям вологи та передпосівним обробітком, який проводять комбінованим агрегатом. Передпосівний

обробіток проводять на глибину загортання насіння. Глибина розпушування при цьому має бути не більше 3–5 см, у більш посушливих регіонах – не глибше 4–7 см.

Оптимально підготовлене під соняшник насіннєве ложе повинно:

- ✓ утримувати достатня кількість вологи для одержання дружних сходів;
- ✓ не містити рослинних решток;
- ✓ мати дрібногрудочкувату структуру;
- ✓ бути обов'язково обернено-ущільненим.

Система удобрення

Здатність соняшнику засвоювати поживні речовини залежить від природних умов існування (грунтових відмінностей та кислотності, наявності в ґрунті достатньої кількості води та поживних речовин у доступній формі), а також від умов, які людина здатна регулювати й контролювати. Соняшник добре росте на родючих аерованих ґрунтах (чорноземи, каштанові та сірі опідзолені) з нейтральною або слаболужною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,2–7,0). Бажано не допускати дуже високих (вище 7,0) показників рН, оскільки при цьому бор для рослин стає недоступним.

Розробляючи систему удобрення соняшнику важливо врахувати винос культурою елементів живлення та їх наявність в ґрунті. Для утворення 1 т урожаю, за різними джерелами, соняшник використовує залежно від генотипу та умов вирощування 40...60 кг азоту, 20...30 кг фосфору, 96...120 кг калію (в середньому – 50 кг N, 20 кг P₂O₅, 100 кг K₂O, 14 кг MgO й 5,0 кг SO₄), що в декілька разів більше за поглинання зерновими.

Соняшник має розтягнутий період засвоєння поживних речовин і потребує їх значно більше, ніж зернові культури. Органічні добрива краще вносити під попередню культуру у нормі 30-40 т/га. Внесення великих норм гною безпосередньо під соняшник призводить до подовження вегетаційного періоду.

В більшості зон України на чорноземних і темно-каштанових ґрунтах найвищі врожаї одержують при внесенні азотно-фосфорних добрив. У південних районах найбільший ефект дає внесення фосфорних добрив разом з азотними (N₃₀₋₄₅P₆₀), які забезпечують приріст урожаю насіння до 0,6 т/га. У східних районах північного Степу внесення фосфорних добрив під соняшник високоефективне лише при поєднанні з азотними чи азотно-калійними добривами (N₆₀₋₉₀P₆₀₋₇₀K₆₀).

Враховуючи, що значна частина фосфору, внесеного в ґрунт з добривами, стає недоступною для рослин, а частину елементів живлення, особливо калію, рослини поглинають безпосередньо з ґрунту, норму добрив і співвідношення елементів для кожного поля уточнюють. Залежно від забезпеченості рослин поживними речовинами ґрунту (згідно з агрохімічними картографіями), використовують такі поправочні коефіцієнти:

Забезпечення рослин поживними речовинами ґрунту	Поправочний коефіцієнт
Дуже низька	1,5
Низька	1,3
Середня	1,0
Підвищена	0,7
Висока	0,5

Сівба

Для сівби використовують високоякісне насіння гібридів (F_1), рідше – сортів (рН 1-3), яке обробляють протруювачами Апрон XL (3,0 л/т), Дерозал (1,5 л/т), Круїзер 6-10 л/т). Соняшник слід висівати, коли температура ґрунту на глибині 8-10 см досягне 8-10 °С. Це стосується, в першу чергу, високоолійних гібридів і сортів, які більш вимогливі до тепла. Сіють соняшник пунктирним способом з міжряддями 70 см. Глибина загортання насіння 6-8 см, в посушливих умовах – 8-10 см, на важких ґрунтах – 5-6 см. Насіння гібридів дещо дрібніше, тому загортають його мілкіше – 3-5 см. Загортання глибше 6 см призводить до зниження польової схожості.

Норма висіву насіння соняшнику залежить від ґрунтового-кліматичних умов і особливо від вологозабезпеченості ґрунту. Рекомендована густота стояння рослин в південній частині Степу – 30-35 тис., в центральному Степу – 40-45 тис., в північному Степу – 45-50 тис., в Лісостепу – 50-55 тис. рослин на 1 га. В умовах зрошення густота стояння рослин підвищується до 55-60 тис. рослин на 1 га.

Урожайність насіння соняшнику залежить від норм виіву насіння, про що свідчать результати проведених досліджень на кафедрі рослинництва НУБіП України (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність соняшника, т/га				
Норма висіву насіння, тис. шт./га	Без добрив	N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₁₅₀
50	1,38	2,32	2,75	2,96
60	1,65	2,67	3,01	3,45
70	1,76	2,55	2,92	2,98

Догляд за посівами

Під час догляду за посівами слід забезпечити ефективний захист від бур'янів, шкідників, хвороб, зберегти оптимальну густоту стояння рослин, створити сприятливі умови для їхнього росту й розвитку, що забезпечить формування високого врожаю насіння. Коли вирощують соняшник за інтенсивною технологією із застосуванням високоефективних гербіцидів при сприятливих погодних умовах на добре окультурених ґрунтах, не схильних до заплівання, необхідність у механічному догляді відпадає.

Під час вегетації зазвичай проводять два міжрядних розпушування. Особливо ефективні міжрядні розпушування на полях, що забур'янені осотом

рожевим і жовтим. У Степу розпушування проводять на одну і ту ж глибину— 6-8 см. У Лісостепу останнє розпушування рекомендується проводити долотоподібними лапами на глибину 10-12 см за підвищеної швидкості руху агрегату. Створюється потужний мульчувальний шар ґрунту, який запобігає випаровуванню вологи, знищуються вегетуючі бур'яни. За рахунок підвищеної швидкості присипаються бур'яни у захисній зоні рядка, крім того, підрізається верхній горизонтальний шар кореневої системи соняшнику, внаслідок чого стимулюється розвиток кореневої системи у більш глибоких горизонтах. Це знижує ризик пригнічення рослин у разі посухи.

Застосовання гербіцидів. На сильно забур'янених площах крім агротехнічного способу боротьби з бур'янами, застосовують хімічний. Для знищення однорічних злакових і деяких двосім'ядольних бур'янів до сівби, одночасно із сівбою або до появи сходів культури рекомендується вносити у ґрунт гезагард (2,0-3,0 л/га), дуал голд (1,5-2,0 л/га), харнес (1,5- 3,0 л/га). У посівах соняшнику незалежно від фази розвитку у фазі 2-4 листків і до кінця кушіння бур'янів в однорічних злакових можна вносити центуріон (0,4-0,8 л/га), пантеру (1,0 – 2,0 л/га).

Існує кілька основних систем контролювання рівня забур'яненості посівів соняшнику:

- традиційна технологія захисту
- технологія Express Sun
- технологія Clearfield

Визначальним фактором вибору системи захисту соняшнику для господарств є рівень загрози з боку рослини-паразита – вовчка соняшникового (*Orobanche cumana* Wallr.). У регіонах, де більшість полів заражені вовчком, технологія Clearfield є найбільш оптимальним вибором з огляду на її ефективність.

Інноваційним напрямком в технології вирощування соняшнику є впровадження системи *Clearfield*. У перекладі з англійської мови *clearfield* означає «чисте поле». Ця система повністю виправдовує свою назву, тому що дозволяє отримувати навіть на сильно засмічених полях практично чисті посіви. Це унікальна комбінація гербіциду Євро-лайтнінг, що містить дві діючі речовини класу імідазолінонов, і високоврожайних гібридів, стійких до цього гербіциду та отриманих традиційними методами селекції (без застосування генної інженерії). Він знищує практично всі розповсюджені в регіонах бур'яни, у тому числі проблемні, такі як амброзія, осоти, підмаренник, канатник, лобода біла і, що дуже важливо, вовчок – надзвичайно шкідливого паразита соняшнику.

Компанія Дюпон пропонує систему *Express Sun* (*Експрес Сан*) – це унікальна технологія обробітку посівів соняшнику «гібрид-гербіцид» для ефективного контролю однорічних і багаторічних бур'янів у період вегетації. Заснована ця технологія на застосуванні післясходового гербіциду Експрес 75 в.г. До основних переваг цього препарату можна віднести, в першу чергу, його високу ефективність проти широкого спектру дводольних бур'янів,

включаючи злісні й важковикорінюючі (види осотів, амброзія та ін.). Серед інших переваг застосування цього препарату варто відмітити гнучкість та широкий інтервал застосування гербіциду в часі: від 2 до 8 листків культури.

Для контролю падалиці соняшника (особливо за технологій *Clearfield* та *Express Sun*) в наступних культурах сівозміни рекомендується використовувати на зернових культурах гербіциди Гранстар Голд, Калібр, Еллай Супер, Ларен Про в бакових сумішах з гербіцидами на основі флуроксипіру, дикамби, 2,4-Д, 2М-4Х. В посівах кукурудзи рекомендується застосовувати гербіцид компанії Дюпон Таск 307-385 г/га + ПАР Тренд 90, 200 мл/га, а також Тітус, Базис, Хармоні в бакових сумішах з гербіцидами гормональної групи (2,4-Д, дикамба).

Захист від хвороб та шкідників. Значні втрати врожаю (20-30 % і більше) можуть спричинити хвороби соняшнику. Окрім цього, вони ведуть до погіршення якості продукції: зменшується польова схожість, маса насіння, його олійність, різко підвищується кислотне число олії і, як наслідок, знижуються її харчові властивості.

На соняшнику паразитує майже 70 патогенів. Вся надземна частина рослин та коріння являють собою живильне середовище для збудників хвороб. Домінування патогенів та ступінь ураженості рослин з року в рік коливається через мінливість погодних умов та порушення технології вирощування культури. У фазі сходів на сім'ядольних листках та гіпокотилі можуть з'явитись симптоми несправжньої борошнистої роси, білої та сірої гнилей, фомопсису, фузаріозу, альтернаріозу.

За сухої та теплої погоди хвороби розвиваються слабо й ураженість сходів рідко перевищує 5 %. Якщо ж в цей період сума опадів вища за середню багаторічну норму, то ураженість може сягати 50–70 %. Як правило, в червні на листках і надземних частинах рослин з'являються плямистості різної етіології, які з липня і до кінця вегетації набувають великого розвитку. Домінують при цьому септоріоз, альтернаріоз, фомоз, фомопсис. Меншою мірою проявляються іржа, борошниста роса, віруси, бактеріози.

В посушливі роки соняшник потерпає від вертицильозу та бактеріозу, які спричиняють в'янення рослин, а на півдні України значної шкоди завдає вугільна гниль. Якщо в серпні та вересні відносна вологість повітря перевищує 70 %, то на кошиках проявляються біла та сіра гнилі, які спричиняють зниження урожаю насіння на 10-20 %, а в окремі, сприятливі для розвитку гнилей роки, і на 40–50 %. При цьому схожість насіння значно знижується, різко погіршується якість товарної продукції.

В останні роки на посівах соняшника в усіх зонах вирощування набувають розповсюдження вірусні хвороби. Діагностування вірусних хвороб за симптомами їх прояву ускладнене, так як більшість з них співпадає з симптомами хвороб неінфекційного походження. Для встановлення природи вірусної хвороби використовують серологічний метод. В більшості випадків зовнішні ознаки вірусних захворювань слабо виражені, а за нормальних умов розвитку рослин можуть бути і зовсім відсутніми. На

соняшнику з вірусних хвороб відмічають мозаїку, концентричну плямистість листків, хлоротичну крапчастість. Також спостерігається деформація листових пластинок у вигляді звуження або нехарактерного заокруглення кінчика листка.

Значного ефекту по зменшенню враження хворобами можна досягти агрозаходами: науково обґрунтованим розміщенням культури у сівозміні, підбором стійких до враження гібридів, оптимальним співвідношенням елементів живлення та ін. За необхідності застосовують фунгіциди.

Захист рослин від шкідників – важливий елемент технології вирощування соняшника. Коріння та коренева шийка сходів пошкоджується: дротяниками, личинками пластинчастовусих жуків, гусеницями підгризаючих совок. Молоді листки іноді можуть бути пошкоджені личинками зеленого коника (*Tettigonia viridissima* L.) перших віків. Личинки зовнішньо схожі з дорослими особинами але безкрилі. Влітку листки соняшника можуть пошкоджувати саранові: італійський прус (*Calliptamus italicus* L.), сарана перелітна (*Locusta migratoria* L.), кобилка блакитнокрила (*Oedipoda coerulescens* L.). Ці види належать до числа потенційно небезпечних багатодітних шкідників багатьох сільськогосподарських культур.

При цвітінні соняшника необхідно підвозити пасіку з розрахунку 1-2 бджолосім'ї на 1 га посіву.

Збирання

Через 35–40 днів після цвітіння у фазі жовтої стиглості завершується нагромадження жиру в насінні. Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янки і настає фаза повної стиглості. Практично встановлюють три фази стиглості за зміною кольору кошиків: жовта – листки і кошики лимонно-жовтого забарвлення, вологість кошика 85–88 %, насіння – 30–40 %; бура – кошики темно-бурі, вологість їх в межах 40–50 %, насіння – 10–12 %; повна – вологість кошиків становить 18–20 %, насіння – 7–10 %.

Десикація. Дозрівання соняшнику часто проходить при несприятливих умовах, коли інтенсивно розповсюджуються грибні хвороби. Для обмеження поширення хвороб і прискорення дозрівання рослин перед збиранням проводять десикацію посівів. Обробляють посіви десикантами (Реглон супер (2–3 л/га), Реглон Ейр (2 л/га), Баста 150 SL (2,0-2,5 л/га) через 40-45 днів після масового цвітіння, коли 50-60 % рослин мають жовті кошики, 20-30 – жовто-бурі і 10-20 % – бурі, а середня вологість насіння складає 25-30 %.

Збирання соняшнику розпочинають за середньої вологості насіння 12–14 %, коли у 80–90 % рослин кошики жовто-бурі, бурі та сухі, а у 10–20 % вони лише жовті. Оптимальні умови для збирання за вологості насіння 9–11 %. За умови, що в господарстві є сушильна техніка та велика площа посіву соняшнику, можна розпочинати збирання при вологості насіння 20–22 %. Слід враховувати, що для тривалого зберігання придатне насіння з вологістю не більше 7–8 %. За підвищеної вологості насіння окислюється і олія стає непридатною для харчування.

5.2. РІПАК ОЗИМИЙ

Brassica napus oleifera bienis DC.



Ботаніко-біологічна характеристика

Озимий ріпак — одна з найперспективніших культур для виробництва біопалива в Україні завдяки високому вмісту жиру, адаптивності до клімату та стабільному попиту на біодизель. Ріпакова олія характеризується високим вмістом мононенасичених кислот та білку на фоні інших олій. (Ситнік, Мельничук, 2007). Вміст токоферолів достатній для захисту ліноленової кислоти від окиснення під час зберігання. Технічну жирну ріпакову олію використовують для виробництва біодизелю, а побічна продукція може використовуватися для виробництва біогазу. З 1 т ріпаку можна отримати 300–360 кг олії, з якої добувають 270–320 кг біодизельного

пального (Синиця, 2011).

Озимий ріпак — вимоглива до умов вирощування культура, особливо до перезимівлі. Вивчення біологічних особливостей свідчить, що сприятливі кліматичні умови є одним із вирішальних факторів для отримання високих врожаїв насіння. Ріпак озимий — холодостійка олійна культура. Насіння ріпаку починає проростати при температурі $+3^{\circ}\text{C}$, однак для одержання здорових сходів необхідна температура від $+4$ до $+7^{\circ}\text{C}$. Зимостійкість озимого ріпаку в значній мірі залежить від проходження восени фенологічних фаз. Оптимальна їх тривалість 50-60 днів. При доброму загартуванні ріпак витримує зниження температури на рівні кореневої шийки до $-12\ldots-14^{\circ}\text{C}$. Якщо ґрунт зволожений, то навіть при температурі $-6\ldots-8^{\circ}\text{C}$ ріпак може вимерзнути, якщо — сухий, то ріпак витримує низьку температуру в межах $-18\ldots-20^{\circ}\text{C}$ на протязі декількох днів. Культура довгого світлового дня.

Ріпак — вологолюбна культура. Оптимальна вологозабезпеченість рослин відбувається при річній сумі опадів 600-700 мм. Дефіцит вологи в ґрунті у фазі стеблуння-цвітіння призводить до слабкого галуження рослин, фізіологічного в'янення, опадання бутонів і квіток, скорочення фази цвітіння, зниження продуктивності рослин.

Ріпак вибаглива до родючості ґрунту культура. Кращими ґрунтами є чорноземи, сірі й темно-сірі лісові ґрунти. Оптимальна реакція ґрунтового

розчину рН 6,0-6,5. Непридатні для нього засолені та заболочені ґрунти. За врожайності насіння 2,5 т/га виносить з ґрунту 132-138 кг азоту, 54-58 кг фосфору і 162-169 кг калію. Близько 25 % всіх необхідних макро- і мікроелементів озимий ріпак споживає восени.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

Ріпак озимий – вибаглива до попередників культура. Вони повинні сприяти знищенню бур'янів, створенню доброї структури ґрунту з достатньою кількістю поживних речовин, рано звільняти поле. Тому найкращі попередники цієї культури – багаторічні бобові трави; добрі – рання картопля, горох, однорічні трави; задовільні – зернові культури; несприятливі – овес і яра пшениця. Але при сучасній структурі посівних площ, коли 50 % і більше займають зернові, багаторічні бобові трави, горох є основними попередниками для озимих зернових. Тому ріпак озимий висівають після озимого і ярого ячменю, озимої пшениці.

На одне й те ж саме поле ріпак потрібно вертати не раніше, як через 4 роки. Не можна сіяти ріпак після цукрових буряків, оскільки виникає небезпека поширення нематоди, яка є шкідником для обох культур. Не розміщують ріпак після соняшника та капустяних - гірчиці, редьки та ін. Ріпак як перехреснозапилна культура потребує просторової ізоляції щонайменше 500 м. Потрібна вона і для захисту від шкідників і хвороб.

Вирощування ж ріпаку і зернових культур в одній сівозміні поліпшує фітосанітарний стан полів, зводить до мінімуму зараження зернових кореневою гниллю.

Обробіток ґрунту

Обробіток ґрунту після зайнятих парів і рано зібраних попередників включає лушення, оранку і обробіток по типу напівпару. Під час підготовки ґрунту необхідно звернути увагу на рівномірність розподілення залишків культури-попередника (соломи), оскільки, як правило, ними є озимі зернові. Якщо солома залишається на полі, то для того, щоб вона не перешкоджала росту ріпаку, потрібно як слід її подрібнити та заробити в ґрунт. За потреби вносять деструктори стерні (Біодеструктор стерні, Целюлад та ін.), враховують додаткову кількість азотних добрив, що необхідні для процесу мінералізації. Лушать на глибину 6–8 см дисковими агрегатами, які повинні бути обладнані сучасними важкими котками для ущільнення ґрунту (для того, щоб спровокувати сходи падалиці зернових).

Оранку проводять на глибину 22–25 см плугами з передплужниками в агрегаті з кільчасто-шпоровими котками й середніми бородами. З появою бур'яні або ґрунтової кірки проводять культивуацію або боронування. Після непарових попередників поле орють на 20–22 см і одночасно боронують. Якщо попередник рання картопля – можна обмежитись поверхневим обробітком.

Через два тижні після оранки поверхневим обробітком ґрунту

знищують першу хвилю пророслих бур'янів, а передпосівним обробітком – другу. Оскільки після зернових замість рекомендованих 3–4 тижні до сівби ріпаку часто залишається 2 тижні, особливу увагу звертають на якість оранки. Плуг для прискорення осідання ґрунту агрегують з котком і боронами.

Для передпосівного обробітку при вирощуванні ріпаку використовують лише комбіновані агрегати, які забезпечують ущільнення верхнього шару ґрунту і створюють його дрібногрудчувату структуру. Глибина ходу розпушувальних лап повинна відповідати глибині сівби та становити не більше 3–4 см. Під дією комбінованих знарядь ґрунт додатково осідає, що компенсує недотримання інтервалу тривалістю 1 місяць між оранкою і сівбою.

Якщо в технології передбачено застосування ґрунтових гербіцидів, то вносять їх після вирівнювання поля комбінаторами. Заробляють в ґрунт з допомогою зчіпки борін. Під передпосівний обробіток ґрунту рекомендується вносити Бутізан 400 (1,75–2,5 л/га), Бутізан Стар (1,75–2,5 л/га), Дуал Голд (1,1–1,3 л/га), Трофі 90 (1,5–2,0 л/га), Трифлурекс 480 (1,2–3,0 л/га). Ефективна дія більшості ґрунтових гербіцидів триває протягом 30–40 днів після їх внесення і не спроможна надійно контролювати проростки й сходи видів пізніх ярих бур'янів.

Удобрення

Ріпак потребує більшої кількості добрив, ніж зернові. Під ріпак озимий мінеральні добрива застосовують диференційовано з врахуванням забезпеченості ґрунтів та окремих технологічних процесів (Юник, 2008). Частину елементів живлення можна компенсувати внесенням органічних добрив під попередник у нормі 20–30 т/га. Більші норми добрив вносять у зоні Полісся.

Для формування одного центнера насіння ріпак потребує 6,5 кг N, отже для 4,0 т/га необхідно 260 кг N. За умов достатньо доброго розвитку ріпак має використати до фази стеблування близько 120–140 кг N/га, а до цвітіння – 200–220 кг N/га. Але потрібно враховувати те, що ріпак – єдина озима культура, яка може накопичувати нітрати в тій самій кількості у корінні та в листках. Таким чином один гектар добре розвинених посівів ріпаку озимого поглинає до 80 кг N перед входом у зиму, в той час як нормально розвинені посіви озимої пшениці поглинають лише 20 кг (Лихочвор В.В., 2002 р.).

Норма внесення мінеральних добрив залежить від попередника, родючості ґрунту та програмованого рівня врожайності. Фосфорні і калійні добрива вносяться під оранку чи культивуацію, азотні добрива (N₂₅₋₃₀) – перед сівбою лише після зернових попередників. Надмірне азотне живлення в осінній період погіршує перезимівлю рослин і як наслідок – зниження урожайності культури.

Озимий ріпак розпочинає вегетацію вже за температури +5 °С. Вегетативна маса озимого ріпаку інтенсивно наростає впродовж 2–3 тижнів після відновлення вегетації і в цей період потрібно найбільше азоту. Тому,

майже 80-90 % азоту вноситься в перші два тижні весняного росту. На родючих ґрунтах внесення азоту може бути проведене у повній дозі за один прийом. На легких ґрунтах повну дозу ділять на частини (50:50). Друге внесення проводять через 3-4 тижні після першого – до початку росту стебла. Перевагу під час вибору азотних добрив надають тим, які містять амідну форму азоту, а не нітратну. Нітратні переважно використовують на слабких посівах, якщо внесення проводять після початку вегетації. В інших випадках вони провокують швидкий ріст листкової маси і підвищують ризик вилягання. Третє підживлення в середині цвітіння сприяє росту стручків і маси насіння.

Для гарантованого отримання високого врожаю ріпаку озимого (4–5 т/га), крім уже традиційних азотних, фосфорних, калійних, кальцієвих добрив, необхідно вносити добрива з вмістом сірки, магнію, бору, марганцю, цинку, заліза, молібдену та інших мікроелементів. За відсутності сірки в ґрунтах стручки можуть не формуватись взагалі. Сірка необхідна для синтезу амінокислот і для утворення білків. У рослині сірка є компонентом низки ферментів, вітамінів, підтримує утворення глюкозидів, що мають фітосанітарну дію, а також підвищує використання азоту і стабілізує вміст жиру в насінні. Сірка поглинається ріпаком приблизно так само, як і азот, тому необхідно вносити її на початку вегетації. Залежно від вмісту сірки в ґрунті в європейських країнах фермери вносять SO_2 30–40 кг/га. Якщо вносяться органічні добрива, дозу сірки можна знизити до 20 кг/га.

Ріпак чутливий до мікроелементів. Найбільш важливим елементом є бор. Він впливає на процеси формування насіння, підвищує еластичність тканин, що попереджає розтріскування стебел та кореневої шийки, зменшуючи ураженість рослин хворобами та підвищуючи стійкість рослин до несприятливих умов перезимівлі. Норма внесення бору складає 250–350 г/га. 25 % бору рослини поглинають восени, решту – у весняну вегетацію (40 % весняної норми застосовують у період весняного відновлення вегетації, 60 % весняної норми – у фазі бутонізації) (Гарбар, Антал, Романов, 2016).

Магнію потребують рослини ріпаку для формування вегетативних органів. Потреба в ньому – в межах 30–50 кг/га. Мікроелементи доцільно застосовувати у вигляді позакореневого підживлення рослин ріпаку у формі хелатів.

Сівба

Високі та якісні врожаї ріпаку можна одержати лише за вчасної та якісної сівби, оптимальних норм висіву обробленого протруйниками насіння з дотриманням рекомендованої глибини загортання. Відповідальне завдання при плануванні сівби – вибір сортового складу: необхідно враховувати генетичний потенціал, інтенсивність початкового росту, зимостійкість, біологічні особливості й адаптивність до різних умов вирощування. Щоб захистити від ураження хворобами і пошкодження шкідниками на початкових фазах росту, насіння обов'язково протруюють протруювачами фунгіцидної (Акробат (2 л/т), Максим XL (5 л/т) ТМТД (3,0

л/т) та інсектицидної дії (Круїзер 350 FS, т.к.с. (4,0 л/т), Круїзер OSR, т.к.с. (15,0 л/т), Космос (4л/т), Гаучо (10,5 кг/т), які упродовж 40-45 днів забезпечують захист сходів та молодих проростків. Окрім того, Круїзер справляє так званий «вігор-ефект», тобто проявляє стимулюючу дію на кореневу систему, внаслідок чого рослини активніше розвиваються, сходи більш рівномірні та краще переносять посуху.

Строк сівби ріпаку озимого слід вибрати з таким розрахунком, щоб до початку зими рослини сформували 6–8 розеткових листків, висота точки росту рослин знаходилась не вище 1,0–1,5 см над поверхнею ґрунту, коренева система проникала в ґрунт на глибину 50–100 см і більше, а діаметр кореневої шийки дорівнював 8–12 мм. Такий оптимальний розвиток рослини ріпаку озимого досягають в більшості випадків за 105–110 днів від дати його сівби. На практиці в різних ґрунтово-кліматичних зонах України ріпак озимий висівають за 20–25 днів до оптимальних строків сівби пшениці озимої. Оптимальні строки сівби ріпаку озимого: в північних областях – 15–25 серпня; в західних – 15–30 серпня; центральних – 20–30 серпня; східних – 25 серпня – 5 вересня; південних – 10–20 вересня. Рекомендовані строки сівби слід коригувати, зважаючи на погодні умови та наявність вологи в ґрунті. Відтак вони можуть коливатися в більш ранній чи пізній термін на 5–10 днів. Якщо в серпні прогнозується посуха, сівбу доцільно провести раніше. Це ризикований захід, адже в разі сприятливих умов для росту й розвитку у вересні – жовтні є небезпека переростання рослин і зниження їх зимостійкості. Тому господарства, які зважилися на цей крок, обов'язково мають планувати внесення регуляторів росту в осінній період.

Плануючи строки сівби, слід також зважати на інтенсивність розвитку того чи іншого гібриду (сорт). Сорти та гібриди ріпаку відрізняються між собою різним ритмом розвитку і різними вимогами до строків сівби. Сорти мають повільніший початковий розвиток восени й придатні до більш ранніх строків сівби. Гібриди ріпаку характеризуються більш стрімким розвитком восени, рослини є витривалішими до несприятливих умов середовища за пізніх строків сівби. Їх насіннева продуктивність за таких строків не так швидко знижується як у сортів. Наприклад, гібриди НК Петрол і НК Технік придатні для пізніх строків сівби. Відповідно, за ранніх строків вони потребують обов'язкового внесення регуляторів росту. Щоправда, в останні роки зареєстровані й гібриди з відносно повільним початковим ростом. В першу чергу, це короткостебельні гібриди карликового типу фірми Pioneer та Monsanto, гібриди фірми Lemke – Абакус, Ксенон та ін.

Дотримання глибини загортання насіння забезпечує отримання дружних сходів та підвищення стійкості рослин проти хвороб і шкідників. Ріпак не витримує глибокого загортання насіння у ґрунт у зв'язку з тим, що проростки рослин, пробиваючись на поверхню ґрунту, сильно виснажуються, втрачають опір до патогенної мікрофлори й інтенсивно уражуються збудниками чорної ніжки й гинуть. Глибина загортання насіння у ґрунт диференційована: залежно від типу, механічного складу й вологості ґрунту.

На легких ґрунтах вона коливається у межах 2,5–3,0 см, на важких – 1,5–2,0 см.

Оптимальна норма висіву насіння ріпаку озимого становить для гібридів 0,4–0,6, а сортів 0,8–1,0 млн. схожих насінин на 1 га (3,0–4,0 кг/га). Для окремих гібридів ріпаку іноземної селекції норма висіву значно менша й коливається у межах 30–40 схожих насінин на 1 м² (0,3–0,4 млн. схожих насінин на 1 га). Визначаючи норми висіву насіння, слід враховувати строки сівби, якість підготовки та наявність вологи в ґрунті. Загущення посівів із ранніми строками сівби призводить до вищої конкуренції між рослинами, що, в свою чергу, спричиняє переростання (входження рослин у фазу стеблуння) і різке зниження зимостійкості. Водночас, за запізнення із строками сівби варто збільшити норми висіву, адже ймовірність входження в зиму в оптимальній фазі знижується, а отже, зростає ризик зменшення густоти в період зимівлі. Доцільно також збільшувати норму висіву в разі недостатнього зволоження та неякісного обробітку ґрунту, коли польова схожість насіння знижується.

Завищені норми висіву ріпаку озимого сприяють витягуванню центрального пагона, що збільшує ризик вимерзання рослин, або їх вилягання у процесі вегетації, створює ідеальні умови для розвитку хвороб, знижує їх продуктивність. Занижені норми висіву призводять до небажаних наслідків: підвищенню забур'яненості посівів, формуванню недостатньої кількості стручків на одиницю площі, зниженню урожайності. За несприятливих умов та пізніх строків сівби кількість насіння на одиницю посівної площі необхідно збільшувати на 10–20 %.

Ріпак сіють, як правило, звичайним рядковим способом із міжряддями 12,5–25 см. Такі посіви порівняно з широкорядними є продуктивнішими в результаті суцільного затінення бур'янів рослинами ріпаку на ранніх стадіях їх розвитку. Широкорядні посіви (45 см) застосовують для насінницьких цілей.

Догляд за посівами

Після сівби ріпаку поле коткують, особливо за посушливої погоди. При утворенні ґрунтової кірки або з'явленні бур'янів у фазі білої нитки проводять досходове боронування легкими боронами (якщо не вносили ґрунтові гербіциди).

З метою підвищення зимостійкості ріпаку в роки з тривалою теплою погодою восени та достатньою кількістю опадів, запобігання переростанню рослин слід вносити у фазі 3–5 листочків один із регуляторів росту рослин: Ретацел Екстра R 68, в.р. (до 6 л/га); Сетар (0,3–0,5 л/га); Сінхроні SL, в.р.к. (1–2,0 л/га); Стабілан 750 SL, в.р.к., (1,5–2,0 л/га). Знижуючи висоту стебла і сповільнюючи ріст вегетативної маси в осінній період, вони сприяють розвитку кореневої системи, тим самим знижуючи вилягання, збільшують кількість бокових гілок, підвищують кількість стручків і насінин. Адже в період осінньої вегетації ріпаку закладається 70 зхжжжжжжжжщ,% майбутнього врожаю.

Обов'язковою є своєчасний захист посівів ріпаку від падалиці

зернових (попередника), оскільки ріпак не є конкурентним до неї, сильно пригнічується та відстає в рості. Для цього застосовують один із рекомендованих грамініцидів. У фазі 2–4 листків посіви ріпаку обробляють гербіцидами Арамо 45 (1,2–2,3 л/га), Ачіба 50 ЕС (1,0–3,0 л/га), Пантера (1,7–2,0 л/га), Тарга супер (1,0–3,0 л/га), Фюзілад форте (1,0–2,0 л/га). Проти дводольних бур'янів застосовують гербіциди Галера Супер (0,2–0,3 л/га), Сальса (20–25 г/га), Бутізан 400 (1,75–2,5 л/га), Бутізан Стар (1,75–2,5 л/га), Лонтрел (0,3–0,5 л/га), Лонтрел Гранд (0,12–0,2 л/га). Проти суріпиці та інших дводольних бур'янів відмінний ефект дає внесення бакової суміші гербіцидів: Бутізан стар (2 л/га) + Сальса (25 г/га), Галера Супер (0,3 л/га) + Сальса (25 г/га), Пропоніт (2 л/га) + Сальса (25 г/га) (табл. 2.10).

Новим напрямком в технології вирощування ріпаку є впровадження системи *Clearfield*. Це унікальна комбінація гербіциду Нопасаран, що містить дві діючі речовини (метазахлор, 375 г/л + імазамокс, 25 г/л), та високоврожайних гібридів, стійких до цього гербіциду. Стійкість гібридів, що використовуються за цієї виробничої системи, була отримана традиційними способами селекції, без застосування генної інженерії. Таким чином, гібриди стійкі до гербіцидів системи виробництва Clearfield – не транс генні та не розглядаються як продукт генної інженерії. Застосування гербіциду Нопасаран (1–1,2 л/га) – це унікальна можливість зниження широкого спектру бур'янів в посівах ріпаку за допомогою після сходового внесення гербіциду з гнучкими строками внесення. Після застосування гербіциду Нопасаран дуже важливо враховувати обмеження в сівозміні.

Якщо посіви слаборозвинені, то їх слід обробляти стимуляторами росту. Для цього слід використовувати один із нижчезазначених препаратів: Адоб (макро + мікро) (2,5–5,0 кг/га); Біостим олійний (1–2 л/га); Реаком Плюс (4–6 л/га); Солюбор ДФ (5–6 кг/га) та ін. Внесення мікроелементів можна проводити у комплексі з іншими заходами по догляду за рослинами, якщо їх терміни співпадають (захист від шкідників, хвороб та ін.).

Стійкість до екстремальних погодних умов підвищується при застосуванні фунгіцидів, діючі речовини яких мають ретардантні властивості: метконазол, 60 г/л (Карамба, в.р.); тебуконазол, 250 г/л (Містік, к.е.; Оріус 250, в.е.; Фолікур 250 EW., к.е.; Фортеця ЕС, к.е.; Амулет, к.е.; Колосаль, к.е.); пропіконазол, 250 г/л (Тілт 250 ЕС, к.е.; Тіназол, к.е.) та суміші діючих речовин протіконазола, 80 г/л + тебуконазола, 160 г/л (Тілмор 240ЕС, к.е.), азоксистробіну, 200 г/л + ципроконазолу, 80 г/л (Амістар Екстра 280 SC к.с.), що стримують ріст і розвиток рослин. Ці препарати запобігають розвитку восени на рослинах альтернاریозу, фомозу, несправжньої борошнистої роси, циліндроспорозу, білої плямистості.

При поновленні вегетації ріпаку озимого навесні слід забезпечити збалансоване мінеральне живлення рослин, а також 1–2 разову їх обробку одним із препаратів із ретардантними властивостями для затримки фази стеблуння рослин та досягнення якомога більшого їх гілкування у пізніші фази розвитку.

Передвесняний період і частково весняний для рослин ріпаку є одним із найкритичніших. Швидке наростання позитивних температур може призвести до скорочення міжфазних періодів культури, тому обов'язковим є ранньовесняне підживлення азотними добривами.

Вносити азотні добрива необхідно якнайраніше, з тією метою, щоб використати умови короткого дня для вегетативного розвитку ріпаку озимого. У першу чергу необхідно провести підживлення ослаблених посівів, підвищуючи дозу азоту на 40–60 кг/га. Під культуру можна використовувати всі форми і види азотних добрив: аміачну селітру, сечовину, сульфат амонію тощо, але перевагу надають тим, що містять амідну форму, а також сірку. Нітратні форми доцільно використовувати на слабких посівах, оскільки за їх використання спостерігається інтенсивний ріст листової поверхні, що підвищує ризик вилягання.

Внесення азотних добрив доцільно проводити по таломерзлому ґрунті, але надто раннє внесення може призвести до вимивання нітратів або до їх поверхневого стоку. Краще використовувати карбамід, щоб запобігти можливому вимиванню нітратів у ґрунтові води.

По мірі генеративної диференціації у рослин ріпаку виникає подальша потреба в азоті, тому внесення другої дози азотних добрив слід провести у фазі появи великих бруньок, але не пізніше початку цвітіння. Величина другої дози визначається як різниця між загальною кількістю азоту, який унесено, і величиною першої дози.

Ріпак відноситься до культурних рослин, які вимагають для свого росту і розвитку відносно багато бору. Він відіграє важливу роль в біології запліднення, підвищує еластичність тканин і, отже, знижує розтріскування стебел і кореневої шийки при зниженні температури і сильному рості, у зв'язку з чим зменшується ураженість рослин хворобами. Крім того, бор сприяє приросту коренів, що позитивно впливає на початок росту навесні.

Ріпак озимий поглинає близько 25% бору восени, тому його необхідно вносити у вигляді підживлень. Останнє підживлення борвмісними добривами проводять навесні у фазі диференціації бруньок, що є оптимальним терміном його внесення. Ефективне його застосування навесні із цинком (формування пиляків). За нестачі бору в ґрунті рослини ріпаку з запізненням виходять із фази розетки, у них сповільнюється ріст, молоде листя має більш світле забарвлення, краї листових пластинок скручені.

Особливу увагу слід приділити пізнім посівам ріпаку озимого, так як для слабких, недостатньо розвинених рослин весняний період може бути критичним. Недостатньо розвинена коренева система не в змозі компенсувати втрати рослиною вологи за чергування плюсових (денних) та мінусових (нічних) температур. Слабкі посіви, вдало перезимувавши під снігом, інколи не можуть витримати такої зміни температурного режиму і гинуть.

Ріпак пошкоджується багатьма шкідниками та хворобами. Для захисту від хрестоцвітих блішок, ріпакового квіткоїда, ріпакового пильщика,

капустяної попелиці, капустяного білана та інших, посіви ріпаку обприскують інсектицидами Біскайя (0,3-0,4 л/га), Ф'юрі (0,07 л/га), Фастак (0,1-0,15 л/га). За обробки посівів інсектицидом Фастак забороняється використовувати стебла (солому) ріпаку на корм сільськогосподарським тваринам, а олію – для харчування та в харчовій промисловості.

Збирання

Ріпак досягає нерівномірно, стручки розтріскуються, що призводить до значних втрат насіння. Збирають ріпак як прямим комбайнуванням, так і роздільно.

Прямим комбайнуванням ріпак збирають при настанні технологічної стиглості (вологість 10-15%), але до початку розтріскування стручків. Оптимальна вологість 12%. Збирання при вологості нижче 10% не рекомендується через великі втрати. При вологості більше 14% сильно зростають затрати на сушіння. Для прискорення і одночасного дозрівання проводять десикацію за 7-10 днів до збирання реглоном (2-3 л/га). За 12-14 днів до збирання врожаю використовують десикант баста (1,5 л/га). На запирієних площах доцільно використати при побурінні 70% стручків у ріпаку, або за 2 тижні до збирання гербіциди раундап (3 л/га), домінатор (3 л/га), гліфоган (3,0 л/га). Вони знищують бур'яни і підсушують рослини. Десикація зменшує втрати насіння при збиранні і економить витрати енергії на досушування насіння.

Роздільний спосіб. Рослини скошують у валки, коли нижні листки опадають, 50% стручків стали лимонно-жовтого кольору, насіння світло-вишневе, вологість 30-40%. У цей період найбільше олії, її нагромадження припиняється; високий вміст білку, хлорофіл повністю розкладений. Через 3-6 днів після скошування, коли вологість насіння 10-12%, валки обмолочують зернозбиральними комбайнами. Роздільне збирання рекомендується проводити на площах, що забур'янені ромашкою, підмаренником чіпким, або з нерівномірним досяганням рослин ріпаку.

Для тривалого зберігання вологість насіння необхідно довести до 6-8%. Насіння, при потраплянні на тік, негайно очищають і сушать. При підвищеній вологості за 1-2 дні воно біліє, пліснявіє і втрачає схожість, а також технологічні якості.

5.3. РІПАК ЯРИЙ

Brassica napus oleifera annua Metzd.



Ботаніко-біологічна характеристика

Ріпакова олія є сировиною для виробництва біодизелю, а побічна продукція може використовуватися для виробництва біогазу (Каленська, Юник, 2011). Ріпак ярий – холодостійка рослина, насіння його починає проростати при $+1...3^{\circ}\text{C}$ тепла. Сходи переносять заморозки до $-3...-5^{\circ}\text{C}$, а в стадії кількох листків - короткочасні заморозки до $-7...-8^{\circ}\text{C}$. Найкраще росте вегетативна маса за помірної температури ($+18...20^{\circ}\text{C}$) Під час цвітіння і досягання насіння сприятливою є температура $+23...25^{\circ}\text{C}$. Сума середньодобових температур за вегетацію становить $1700-2100^{\circ}\text{C}$.

Ріпак ярий – рослина помірної кліматичної зони, краще росте в умовах довгого світлового дня. Він належить до вологолюбних культур. Найбільше води рослини поглинають у період бутонізації-цвітіння. Посуха в цей час значно знижує врожай насіння. У Європі найвищий урожай збирають при сумі річних опадів $450-600$ мм. Однак досвід Канади, яка є світовим лідером виробництва насіння ярого ріпаку, підтверджує великі можливості його вирощування у більш жорстких кліматичних умовах. Так, у штатах Альберта і Саскачеван, де в середньому за рік випадає $270-400$ мм опадів, безморозний період становить $100-135$ днів, максимальна температура сягає 30°C і більше, вирощують $75-80$ % канадського ріпаку "канола".

До ґрунтів ярий ріпак не дуже вимогливий. Краще росте на родючих, не важких за гранулометричним складом, структурних ґрунтах, які мають нейтральну або слабнокислу реакцію (в межах $\text{pH } 6,0-7,0$), містять не менше $1,1$ % гумусу. Не придатні для нього легкі піщані та солонцюваті ґрунти.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

Кращі попередники ріпаку ярого – зернобобові, зернові, картопля, кукурудза, однорічні та багаторічні трави. Не можна висівати після інших капустяних культур. Урожайність внаслідок такого розміщення в сівозміні зменшується на $20-30$ %. На попереднє поле його можна повертати не раніше як через $4-5$ років. Ярий ріпак – добрий попередник для зернових культур.

Обробіток ґрунту

При обробітку ґрунту під ріпак ярий необхідно виходити з того, що насіння ріпаку дрібне і містить порівняно мало поживних речовин. Тому

першим завданням обробітку ґрунту під ріпак є створення рихлого і в той же час не розпиленого верхнього шару ґрунту з більш щільною нижньою частиною, щоб насінини ріпаку лягали не дуже глибоко і мали приплив вологи по капілярам. Ярий ріпак добре реагує на збільшення глибини оранки, даючи прибавку врожаю 0,2-0,3 т/га.

Весняний обробіток включає ранньовесняне боронування та передпосівний обробіток. Дуже важливо якісно підготувати ґрунт до сівби. Найкраще для цього використати комбіновані агрегати. Передпосівний обробіток ґрунту проводять на глибину сівби.

Удобрення

Ріпак вимагає достатнього мінерального живлення, оскільки для формування 1 т насіння він виносить із ґрунту: азоту 48-80 кг, фосфору 18-40 кг, калію 25-100 кг, кальцію 30-150 кг, магнію 5-15 кг, сірки 30-45 кг. Норму внесення макро- та мікроелементів визначають з врахуванням забезпеченості цими сполуками ґрунтів, попередника, планової урожайності розрахунковим методом (Гарбар, Антал, Романов, 2016).

Сірка інтенсивно засвоюється у період весняного росту і необхідна для синтезу есенційних амінокислот для утворення білків. В рослині сірка є компонентом ряду ферментів, які підтримують утворення глікозидів, що мають фітосанітарну дію. Сірка підвищує використання азоту та стабілізує вміст жиру в насінні. Проте надмірна доза сірки може підвищити вміст глюкозинолатів. Одним із легкодоступних та економічно вигідних заходів є листове внесення сірки у вигляді елементарної сірки – застосування препарату Тіовіт Джет, що містить 80% сірки (норма використання 8-12 кг/га).

Ріпак у більшості випадків потребує внесення і мікроелементів: бору (0,4 кг/га), марганцю (0,3 кг/га), сірки (30-40 кг/га), молібдену (0,2 кг/га). Тому в разі необхідності ґрунт поповнюють фосфорними добривами у формі борного або марганізованого суперфосфату, та вносять азотні добрива у формі сірчано-кислого амонію, або сульфату калію. На ґрунтах, що потребують магнію, вносять каліймагnezію. Дослідження, проведені у Національному аграрному університеті (Україна) свідчать про ефективність проведення позакореневого підживлення мікроелементами.

За дефіциту бору в ґрунті менше зав'язується стручків на рослині, зменшується кількість насінин в стручку, спостерігається опадання сформованих стручків. Слід пам'ятати, що при середній забезпеченості ґрунту мікроелементами за допомогою внесення мікродобрив можна отримати надбавку врожаю 4-10% від бору; 4-7% – від молібдену і 5-20% – від марганцю.

В останні роки встановлено високу ефективність проведення позакореневого підживлення посівів ріпаку одним із комбінованих макро- і мікроелементів: Басфоліар (8-10 л/га), Бортрак (1 л/га), Вуксал (3-5 л/га), Еколіст (10-15 л/га), Мікон (8-10 л/га), Кристалон (2,0 кг/га), Реаком (8-10 л/га), Солубор ДФ (1-6 л/га), Тіотрак (1 л/га) та ін. Його проводять у фазу

розетки, стеблуння або бутонізації рослин. Підживлення рослин мікродобривами можна поєднувати з обприскуванням посівів інсектицидами або фунгіцидами, що знижує витрати на обробку.

Крім мінеральних добрив, ріпак потребує також внесення органічних добрив, насамперед гною. Органічні добрива вносять з розрахунку 25-30 т/га, як правило, під попередник, оскільки безпосереднє його внесення під ріпак спричиняє нерівномірність у розвитку рослин і дозріванню насіння.

Залежно від попередників, наявності поживних речовин у ґрунті під ярий ріпак вносять $N_{60-120}P_{60-120}K_{90-120}$.

Дослідники Писаренко В.М., Писаренко П.В., вважають, що оптимальною нормою азотних добрив є 80-120 кг/га д.р., але вона не повинна перевищувати 120 кг/га д.р. Ряд вчених, які проводили дослідження з мінеральними добривами, дійшли висновку, що норми азотних добрив понад 150 кг/га д. р. є економічно не вигідними.

На слабо забезпечених фосфором ґрунтах (2,0-4,7 мг/100г ґрунту) рекомендується вносити 50-60 кг/га P_2O_5 , на середньо- і високозабезпечених (відповідно 7,0-21,0 мг/100г ґрунту) – 30-40 кг/га з обов'язковим урахуванням попередника.

У Канаді, калійні добрива під ріпак рекомендується вносити на тих полях, де в шарі ґрунту 0-15 см його міститься менше як 165 кг/га.

Результати наукових досліджень свідчать, що ефективність основного внесення мінеральних добрив у Лісостеповій зоні залежить від забезпечення ріпаку вологою протягом вегетації. Дослідниками було виявлено, якщо за вегетаційний період випадає достатня кількість опадів, то реакція ріпаку на основне внесення мінеральних добрив досить помітна.

Досліджуючи вплив мінеральних добрив на продуктивність ріпаку, Савенков В.П. встановив, що доля азотних добрив у формуванні врожаю становить 70%, і 30% - фосфорних. Залежність рівня врожайності ріпаку від калійних добрив не спостерігалася.

Підживлення рослин мікродобривами проводять переважно позакоренево, суміщаючи даний захід з обробкою посівів інсектицидами або фунгіцидами, що знижує витрати (Юник, Гарбар, Бондар, 2012).

Наукові дослідження і практика світового виробництва показали, що ріпак потребує в більшій мірі фосфору і азоту, і найменше калію. Останній елемент доцільніше використовувати в поєднанні з азотними добривами. Дослідниками відмічається також що оптимізація режиму живлення рослин дає змогу зменшити втрати води на формування одиниці врожаю на 20%.

Сівба

Строки сівби ріпаку ярого – ранні. Його краще сіяти одночасно або відразу ж після сівби ранніх зернових культур. Запізнення з сівбою на 5-10 днів, порівняно з оптимальним строком, призводить до зниження врожаю насіння на 25-50 %.

Сіяти необхідно високоякісним насінням з лабораторною схожістю не нижче 80-85 %. Перед сівбою насіння протруюють протруювачами із

фунгіцидною та інсектицидною дією.

Норма висіву ярого ріпаку на насіння повинна бути такою, щоб на гектарі розмістилось біля 1,0-1,5 млн. рослин на га.

Глибина загортання в ґрунт насіння ріпаку залежить від механічного складу ґрунту, його вологості під час сівби і т.д. Глибина загортання насіння складає 2-3 см, за недостатньої вологості посівного шару ґрунту – 3 – 4 см.

Догляд за посівами

Одним із прийомів для отримання дружніх сходів є коткування вслід за сівбою, особливо якщо сівба проведена в недостатньо зволожений шар ґрунту. Для ярого ріпаку дуже небезпечною є ґрунтова кірка, яка може утворитися внаслідок весняних холодних дощів. Для її руйнування впродовж 5 днів після сівби, можна застосовувати борони. Цей агрозахід також використовують після появи сходів на дуже загущених посівах.

Для знищення бур'янів використовують ті ж препарати, що й на посівах ріпаку озимого. Найбільшої шкоди у перші фази росту завдають бур'яни та хрестоцвіті блішки. Тому з внесенням гербіцидів не можна затримуватись. У фазі розетки ріпаку, на площах, де поширені ромашка й осот, використовують гербіцид лонтрел, або фюзілад, коли переважають злакові бур'яни. Високу ефективність забезпечує застосування гербіцидів трефлан, дуал голд, бутізан, галера.

Для захисту від шкідників і хвороб застосовують ті ж препарати, що й на посівах ріпаку озимого. Початок цвітіння ярого ріпаку випадає на відцвітання озимого, тому можна очікувати сильного поширення шкідників внаслідок їх переходу з озимого ріпаку. В окремих випадках посіви від шкідників захищають двічі. Небезпека виникає вже починаючи з настанням фази бутонізації. Хворобами ярий ріпак уражується значно менше, ніж озимий. Тому фунгіциди, як правило, не вносять.

При сівбі з міжряддями 45 см першим весняним заходом по догляду за посівами ярого ріпаку також повинно бути боронування. Але у зв'язку з тим, що при таких міжряддях розвиток бічних пагонів на рослинах ріпаку ярого не настільки інтенсивний, щоб швидко закрити міжряддя, в останніх можуть почати розвиватись бур'яни. Тому на широкорядних посівах вимагається проведення міжрядних обробітків ґрунту.

Збирання

Для скорочення термінів збору застосовують препарати на основі деіквата (такі як Реглон супер). Застосовують в момент почорніння перших насінин і коли насіння в середньому ярусі основного стебла має від червоно-коричневого до темно-коричневого забарвлення (всі стручки жовтуваті). Через 7-10 днів можна почати збирання (насіння досягає за цей термін). Норма витрат робочої рідини не може бути низькою, тому що за недостатнього змочування, десикація може мати негативні наслідки: верхні стручки будуть оброблені і дозріють раніше, а нижні стебла залишаться зеленими, що призведе до нерівномірності дозрівання і труднощів при проведенні збирання врожаю.

Існує 2 способи збирання:

1. Скошування у валки з подальшим підбором і обмолотом:

Переваги роздільний спосіб збору дає також у випадку нерівномірного розвитку ріпаку, наприклад у Поліссі або при сильному засміченні бур'янами.

Крім втрат урожайності при роздільному комбайнуванні може постраждати і якість, так як ще зелене насіння ріпаку, що знаходиться у валках, засмічує хлорофілом ріпакову олію і тим самим погіршує її якість. Самий пізній термін досягається до моменту, коли насіння стає коричнево-червоного кольору і бокові поверхні чорні. Валок вкладається по можливості на більш високу стерню (20-30 см) без укладання на землю. Період сушки і дозрівання при гарній погоді складає 6-10 днів.

2. Пряме комбайнування:

Технологія прямого комбайнування ріпаку є на сьогоднішній день загальноприйнятою і стандартною. При прямому комбайнуванні обов'язково встановлюють бокові ножі на жатку і саму жатку подовжують приставкою.

Якщо при зборанні стебла ще зелені або присутнє сильне засмічення бур'янами (ромашкою), то вологість може підвищитись на 2-5%. Ідеальний період збору при вологості 12-13%. У зв'язку з тим, що насіння на зберігання закладається з вологістю 8-9%, низька вологість насіння в період зборання економить витрати на сушку до необхідного рівня. Проте, низька вологість при збиранні підвищує ризик падалиці.

5.4. ГІРЧИЦЯ СИЗА *Brassica juncea* Gzern. ГІРЧИЦЯ БІЛА *Sinapis alba* L.



Ботаніко-біологічна характеристика

На виробництві найбільш поширені два види гірчиці – *гірчиця сиза* або *сарептська* (*Brassica juncea* Gzern.) та *гірчиця біла* – (*Sinapis alba* L.), які належать до родини *капустяних* (*Brassicaceae*). Цінні олійні культури. Насіння гірчиці білої містить 30–40 % слабковисихаючої жирної олії (йодне число 91–100), яка за якістю не поступається соняшниковій, 32 % білку, 0,1–1,1 % ефірної олії. Окрім жирної олії насіння містить 1,5–2,5 % сінальбіну, який при розмелюванні насіння розщеплюється на глюкозу та р-гідроксибенцилову гірчичну олію. Олія гірчиці білої містить 24–57 % ерукової та 15–36 % олеїнової кислоти. Нові високоолеїнові сорти гірчиці білої містять 58–62 % олеїнової кислоти та є безеруковими. Потенціал урожайності у сучасних сортів сягає 4,0 т/га.

Насіння гірчиці сизої містить алілову гірчичну олію (1,1–1,5 %), що надає йому пекучий смак. Вміст жиру в насінні 30–44 % (йодне число 92–119), вміст ефірної олії – 0,5–1,7% (Kalenska et al., 2011). Жирна олія містить 28–34 % олеїнової, 20–45 % ерукової та 15–20 % лінолевої кислоти. Створено безерукові сорти з вмістом 40 % лінолевої та 13 % α -ліноленової кислоти. Олія за холодного пересування має приємний смак і широко використовується в консервній, хлібопекарській, кондитерській, маргариновій, миловарній, фармацевтичній промисловості. За гарячого пресування в олію попадає глюкозид синігрин, який має гострий запах та неприємний смак. Така олія іде на технічні цілі. З макухи сарептської гірчиці виробляють гірчичний порошок. Макуха містить алкалоїди синігрин та сінальбумін, тому без додаткової обробки її рекомендують використовувати в дуже обмеженій кількості.

Гірчична олія, особливо із сортів з високим вмістом олеїнової кислоти, є досить перспективним джерелом для виробництва біодизеля (Каленська, Юник, 2011). Гірчиця сиза як більш посухостійка культура є більш перспективною для посушливих регіонів, а біла – для регіонів із достатнім вологозабезпеченням.

Гірчиця – однорічна рослина. Насіння гірчиці проростає при температурі +1...2 °C. Рослини гірчиці в стадії розетки й старіші легко витримують нетривалі заморозки до -5 °C і навіть до -10 °C. Така стійкість гірчиці проти заморозків дає змогу сіяти її під зиму. В період цвітіння й

дозрівання оптимальна температура +23...25 °С. Сума ефективних температур за вегетацію складає 1700-1900 °С. Вегетаційний період гірчиці білої короткий – 65-80 днів.

Гірчиця сарептська відзначається високою посухостійкістю. Найбільшу потребу у воді вона відчуває в період бутонізації – цвітіння. Гірчиця біла на відміну від сизої більш холодостійка й менш посухостійка. Гірчиця – рослина довгого світлового дня.

Гірчиця сиза – маловибаглива до родючості ґрунту культура, росте і на легких ґрунтах, але в посушливих регіонах потребує ґрунтів з доброю вологоутримуючою здатністю або з високим рівнем ґрунтових вод. Високі врожаї отримують при вирощуванні на чорноземах, суглинкових та супіщаних ґрунтах. На бідних ґрунтах та в умовах низької агротехніки розвиває слабку кореневу систему, від цього сильно зменшується її посухостійкість та врожайність. Малопридатні для її вирощування важкі запливаючі, а також засолені ґрунти.

Гірчиця біла до ґрунтів менш вибаглива ніж гірчиця сиза. Може рости на підзолистих ґрунтах, так як має кореневу систему з високою засвоювальною здатністю. Погано переносить засолені ґрунти.

На утворення 1 т насіння гірчиця виносить з ґрунту 70-75 кг азоту, 25-30 кг фосфору та 50-60 кг калію.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ

Місце в сівозміні

Гірчицю розміщують у сівозміні після тих культур, які дають можливість якісно підготувати ґрунт, але ідеальним попередником є пар. Кращими попередниками для гірчиці крім пару є озимі, зернобобові, багаторічні трави. Не рекомендується вирощувати її після культур родини капустяних, а також після соняшнику, льону, буряків, проса. Вона сама є добрим попередником для зернових культур, тому що рано звільняє поле. Повернення гірчиці на попереднє місце в сівозміні можливе не раніше, ніж через 4 роки. За сприятливого росту рослини гірчиці пригнічують розвиток навіть злісних бур'янів, однак на полях, забур'янених багаторічними коренево-паростковими бур'янами, вирощувати гірчицю не слід.

Удобрення

Гірчиця добре реагує на удобрення. Вона дуже чутлива до прямої дії мінеральних і післядії органічних добрив. Рекомендуються такі норми внесення мінеральних добрив (в кг/га): N₆₀₋₈₀P₂O₅₄₅₋₆₀K₂O₄₅₋₆₀. Переважну кількість добрив вносять під зяблеву оранку. В рядки при сівбі гірчиці вносять фосфорні добрива в нормі P₁₅₋₂₀. Проте, перевищення норми азотних добрив, або висока мобілізація азоту в ґрунті викликають подовження терміну цвітіння і сильне запізнення дозрівання. Це призводить до зниження якості насіння, ускладнення збирання та збільшення втрат. Як правило, на посівах гірчиці достатнє одноразове внесення азоту. На кислих дерново-підзолистих ґрунтах ефективно сумісне внесення мінеральних добрив та

вапна. Особливу увагу потрібно звертати на достатнє забезпечення гірчиць таким елементом, як сірка, при недостатчі якої знижується урожайність. У спеціальному внесенні мікродобрих, як правило, немає необхідності.

Обробіток ґрунту

Обробіток ґрунту під гірчицю здійснюють відповідно до умов вирощування культур. У Степу України ефективнішим є поліпшений зяблевий основний обробіток ґрунту. На полях, засмічених багаторічними бур'янами ефективно також застосування гербіцидів суцільної дії (Ураган, Раундап тощо), які застосовують по вегетуючих бур'янах після збирання попередника за два-три тижні до оранки. Оранку проводять у кінці вересня – початку жовтня на глибину 23–25 см.

Залежно від місця розміщення культури в сівозміні з метою енергоощадження можливе проведення дискування важкою дисковою бороною з глибиною обробітку не менше 16–18 см. Дискові знаряддя добре працюють на піщаних ґрунтах, гірше – на сухих, а також суглинистих ґрунтах. Розпушування на повну глибину орного шару можна провести обладнаними 2-ярусними стрілочастими лапами та плоскорізами. Для розпушування ґрунту ближче до поверхні можна застосовувати важкі культиватори, які розпушують і перемішують ґрунт.

Весняний обробіток ґрунту починають у перші дні польових робіт при настанні фізичної стиглості ґрунту із закриття вологи та проведенні передпосівного обробітку на глибину загортання насіння.

Сівба

Для сівби використовують кондиційне насіння із схожістю не менше 85%, чистотою 98%, протруєне препаратами фунгіцидної та інсектицидної дії.

Оскільки гірчиця біла на відміну від сизої більш холодостійка та вологолюбна, сіють її в більш ранні строки, одночасно з ярими зерновими культурами услід за передпосівною культивацією (Шпаар та ін., 1999а, 1999b). На забур'янених полях строки сівби гірчиць рекомендують змістити на 7–10 днів від оптимальних строків з попереднім знищенням бур'янів передпосівною культивацією.

Сіють гірчицю звичайним рядковим способом, або широкорядним з шириною міжрядь 30–45 см. Норма висіву при звичайному способі сівби 1,8–2,0 млн. сх. насінин/га (6–7 кг/га), при широкорядному посіві – 1,3–1,5 млн. сх. насінин/га (Каленська, Юник, 2018). Найвищу врожайність в Правобережному Лісостепу України гірчиця сарептська формує за сівби звичайним рядковим способом у II строк сівби (температура ґрунту на глибині 10 см 6–7 °С (I–II декада квітня) та нормі висіву 2,0 млн шт./га схожих насінин. За сівби гірчиці сарептської широкорядним способом норма висіву має становити 1,5 млн шт./га схожих насінин (Юник, 2017).

Глибина загортання насіння на легких та середніх ґрунтах 2,5–3 см, на важких – не більше 2 см. В умовах посушливої весни та при середніх строках сівби – 3–4 см.

Догляд за посівами

Услід за сівбою ґрунт коткують кільчасто-зубчастими котками. Якщо утворюється ґрунтова кірка, її знищують боронуванням середніми та легкими боронами упоперек або по діагоналі рядків.

З усіх ярих олійних культур гірчиця біла має найшвидший стартовий ріст і завдяки цьому найвищу конкурентність до бур'янів. Як правило, вона добре (на відміну від гірчиці сизої) пригнічує бур'яни і не потрібно механічних та хімічних заходів їх контролювання. Проти однорічних та деяких багаторічних дводольних бур'янів у мікростадії розвитку культури ВВСН 12–14 рекомендується вносити гербіцид Галера Супер у нормі 0,2–0,3 л/га, проти злакових бур'янів – грамініциди.

Гірчиця мало вражується шкідниками та хворобами. Але в неї бувають ті ж самі шкідники й хвороби, які шкодять різною мірою ріпаку. Особливу увагу в період догляду за посівами приділяють своєчасному знищенню шкідників. У період повних сходів гірчиці краї посівів (шириною 20–25 м) обробляють інсектицидами з метою знищення хрестоцвітних блішок до їх розселення з місць зимування. У період бутонізації – початок цвітіння проти ріпакового квіткоїда за переходу ЕПШ обов'язковим є внесення інсектициду. Для захисту посівів від хвороб застосовують рекомендовані фунгіциди.

Збирання врожаю

Характерними ознаками досягання гірчиці є: опадання листя, набуття посівами жовто-бурого кольору, побуріння насіння нижніх стручків у сарептської гірчиці, а у білої спостерігається пожовтіння. Насіння верхніх стручків у цей час буде мати, ще зелений відтінок. Коли настануть ці характерні ознаки досягання, починають збирання гірчиці, і закінчити його необхідно протягом двох-трьох днів. Гірчиця, особливо сарептська, при повному досягненні дуже осипається, що призводить до великих втрат урожаю. Щоб запобігти цим втратам, не слід допускати перестигання гірчиці та застосовувати механізоване збирання.

Найкращі результати дає збирання гірчиці відповідно переобладнаними комбайнами при повній стиглості насіння, тобто тоді коли насіння не тільки в нижніх стручках, але й у верхніх матиме відповідний їм колір і буде твердим. При прямому комбайнуванні збирання починають у фазі повної стиглості, коли насіння набуває характерного для сорту забарвлення, має вологість 12%. Закінчують збирання у стислі строки – не більше 3-4 днів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Agrilab. (2022). Damaged soil: How to restore soil fertility after bombings and fires? Retrieved from <https://www.agrilab.ua/poshkodzhenazemlyayakvidnovytyrodyuchistgruntupislyabombarduvan-ta-pozhezh>.
2. Akhavan, J. (2011). The chemistry of explosives. London: Royal Society of Chemistry.
3. Alexopoulou E., Christou M., Eleftheriadis I. Role of 4F cropping in determining future biomass potentials, including sustainability and policy related issues. Biomass Department of CRES. 2010. 48 p.
4. Althoff, P.S., & Thien, S.J. (2005). Impact of M1A1 main battle tank disturbance on soil quality, invertebrates, and vegetation characteristics. *Journal of Terramechanics*, 42(3-4), 159-176. doi: 10.1016/j.jterra.2004.10.014.
5. Anderson, R.C., & Walker, L.R. (2000). Ecosystems of disturbed ground. *Journal of Vegetation Science*, 11(4), article number 615. doi: 10.2307/3246595.
6. Angurets, O., Khazan, P., & Kolesnikova, K., Kushch, M., Chernokhova, M., & Gavranek, M. (2023). Ukraine, environmental damage, environmental consequences of the war. Retrieved from <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>.
7. Arthur, J.D., Mark, N.W., Taylor, S., Šimunek, J., Brusseau, M.L., & Dontsova, K.M. (2017). Batch soil adsorption and column transport studies of 2,4-dinitroanisole (DNAN) in soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 199, 14-23. doi: 10.1016/j.jconhyd.2017.02.004.
8. ATSDR. (n.d.). Toxicological profile for dinitrotoluenes. Retrieved from <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=847&tid=165>.
9. Averin, D. et al. (2024). The environmental consequences of the war against Ukraine . Preliminary twelve-month assessment (February 2022-February 2023). Mytholmroyd: Conflict and Environment Observatory.
10. Beckmann, A., & Vykhov, B. (2022). Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine. Retrieved from <https://wwfcee.org/news/assessing-the-environmental-impacts-of-the-war-in-ukraine>.
11. Boretska, Iu., Dzhura, N., & Romaniuk, O. (2021). Phytoremediation of technogenically contaminated soils using energy crops. *Ecological Sciences*, 6, 72-76. doi: 10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11.
12. Certini, G., Scalenghe, R., & Woods, W.I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 127, 1-15. doi: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009.
13. Commission Regulation (EU) No. 1881/2006 “On the Establishment of Maximum Levels of Certain Pollutants in Foodstuffs”. (2006, December). Retrieved from <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/uploaded-files/sertifikatyna-eksport-z-ukrayini/metod-rekomend-aflotoksin-dod-4.pdf>

14. Connor, D. J. & Hernandez, C. G. (2009). "Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future," in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use* (Ithaca, NY: Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University, 2009). p. 70.
15. DeTata, D., Collins, P., & McKinley, A. (2013). An investigation into the fate of organic explosives in soil. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 45(1), 71-84. doi: 10.1080/00450618.2012.691548.
16. Dudar, V. (2023). Explosive remnants of war and its impact on the environment. Retrieved from http://www.openforest.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/dudar_vybukhonebezpechni-zalyshky-dovkillia.pdf.
17. Farrell A.D., Clifton-Brown J.C., Lewandowski I., Jones M.B. Genotypic variation in cold tolerance influences the yield of *Miscanthus*. *Ann. Appl. Biol.* 149, 2006. P. 337-345. doi:10.1111/j.1744-7348.2006.00099.
18. Figala J., Vranova V., Rejsek K., Formanek P. Giant miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef Et Deu.) – A Promising Plant for Soil Remediation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63(6), 2015. 2241.
19. Gerwing T. G., Hawkes V. C., Gann G. D., Murphy S. D. Restoration, reclamation, and rehabilitation: On the need for, and positing a definition of, ecological reclamation. *Restoration Ecology*. 2022. Vol. 30. Iss. 7. doi: 10.1111/rec.13461
20. Głowacka K., Clark L.V., Adhikari S., Peng J., Ryan Stewart J., Nishiwaki A., Yamada T., Jørgensen U., Hodgkinson T.R., Gifford J., Juvik J.A., Sacks E.J. Genetic variation in *Miscanthus x giganteus* and the importance of estimating genetic distance thresholds for differentiating clones. *GCB Bioenergy*, 7, 2014 P. 386–404. doi:10.1111/gcbb.12166 doi:10.1093/jxb/eru287
21. Gorecki, S., Nessler, F., Hubé, D., Mullot, J.-U., Vasseur, P., Marchioni, E., Camel, V., Noël, L., Le Bizec, B., Guérin, T., Feidt, C., Archer, X., Mahe, A., & Rivière, G. (2017). Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Science of the Total Environment*, 599-600, 314-323. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.213.
22. Hebert, R.M., & Jackovitz, A. (2015). Wildlife toxicity assessment for picric acid (2,4,6-Trinitrophenol). In *Wildlife toxicity assessments for chemicals of military concern* (pp. 271-277). Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-800020-5.00015-6.
23. Hodgkinson T.R., Chase M.W., Renvoize S.A. Characterization of a Genetic Resource Collection for *Miscanthus* (*Saccharinae*, *Andropogoneae*, *Poaceae*) using AFLP and ISSR PCR. *Ann. Bot.* 89, 2002. P.627-636. doi:10.1093/aob/mcf091
24. Holder A. J., Cliftonbrown J., Rowe R., Robson P., Elias D., Dondini M., McCalmont J.P. Measured and modelled effect of land-use change from temperate grassland to *Miscanthus* on soil carbon stocks after 12 years. *Global*

Change Biology Bioenergy, 11(10), 2019. P.1173-1186.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12624>

25. Hytönen J. (1995). Ten-year biomass production and stand structure of *Salix* 'aquatica' energy forest plantation in Southern Finland // *Biomass and Bioenergy*. Volume 8, Issue 2, 1995, Pages 63–71
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/096195349500003P>

26. Integrated Risk Information System. (1990). Nitroguanidine CASRN 556-88-7. Retrieved from https://iris.epa.gov/static/pdfs/0402_summary.pdf.

27. Integrated Risk Information System. (2005). Perchlorate and perchlorate salts CASRN 7790-98-9. Retrieved from https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=1007.

28. Iverson, R.M., Hinckley, B.S., Webb, R.M., & Hallet, B. (1981). Physical effects of vehicular disturbances on arid landscapes. *Science*, 212(4497), 915-917. doi: 10.1126/science.212.4497.915.

29. Jensen M.M., Djajadi D.T., Torri C., Rasmussen H.B., Madsen R.B., Venturini E., Vassura I., Becker J., Iversen B.B., Meyer A.S., Jørgensen H., Fabbri D., Glasius M. Hydrothermal liquefaction of enzymatic hydrolysis lignin – Biomass pretreatment severity affects lignin valorization. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(5), 2018. 5940-5949.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b04338>

30. Kalenska, S., Rachmetov, D., Kalenskij, V., Junik, A., Kačura, E., Owczuk, M., Kolodziejczuk, K., Makarevičienė, V., Sendžikienė, E., Zaleckas, E. (2011). *Biodyzelinas: žaliavos gamybos technologijos ir savybės*. Kaunas: KOPA. 98. ISBN 978-609-449-007-1.

31. Kalenska, S., Rachmetov, D., Kalenskij, V., Junik, A., Kačura, E., Makarevičienė, V., Sendžikienė, E., Vainiūnaitė, R. (2013). *Biodyzelinas: žaliavos ir gamybos technologijos*. Kaunas: UAB «Smaltijos» leidykla. 107. ISBN 978-609-449-063-7.

32. Kashcheyeva E.I., Gismatulina Y.A., Budaeva V.V. Pretreatments of non-woody cellulosic feedstocks for bacterial cellulose synthesis. *Polymers*, 11(10), 2019. 1645. <https://doi.org/10.3390/polym11101645>

33. Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E. Phytoremediation potential of *Miscanthus x giganteus* and *Spartina pectinata* in soil contaminated with heavy metals. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (15), 2015. 11648

34. Krasuska, E. & Rosenqvist, H. (2011). Economics of energy crops in Poland today and in the future, *Biomass and Bioenergy*, doi:10.1016/j.biombioe.2011.09.011; Mola-Yudego, B. (2010). Regional potential yields of short cutting cycle willow plantations on agricultural land in northern Europe. *Silva Fennica*, 44, 63–76.

35. Lipcomb, J.C. (Ed.). (2013). Provisional peer-reviewed toxicity values for trinitrophenylmethylnitramine. Cincinnati: US Environmental Protection Agency.

36. Malinská H., Pidlisnyuk V., Nebeská D., Erol A., Medžová A., Trögl J. Physiological Response of *Miscanthus x giganteus* to Plant Growth Regulators

in Nutritionally Poor Soil. *Plants*, 9, 2020. 194.

37. McCracken, A. R. (2011). Yield of willow (*Salix* spp.) grown in short rotation coppice mixtures in a long-term trial // View issue TOC Volume 159, Issue 2 September 2011 Pages 229–243 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2011.00488.x/full>.

38. Mola-Yudego, B. & Aronsson, P. (2008) Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 32, 829–837.

39. Monteil-Rivera, F., Halasz, A., & Groom, C., Zhao, J.-S., Thiboutot, S., Ampleman, G., & Hawari, J. (2009). Fate and transport of explosives in the environment: A chemist's view. In Eds. G. Sunahara, G. Lutofo, R. Kuperman & J. Hawari *Ecotoxicology of explosives and unexploded ordnance* (pp. 5-33). Boca Raton: CRC Press.

40. Müller, C.R., de Araújo Pedron, F., Barbosa, B.W., Rodrigues, M.F., Gubiani, P.I., Dalmolin, R.S.D., & Schenato, R.B. (2022). Soil degradation after the traffic of a military combat vehicle leopard 1a5br. *Ciência e Natura*, 43, article number e87. doi: 10.5902/2179460x62685.

41. Naidu S.L., Moose S.P., Al-Shoaibi A.K., Raines C.A., Long S.P. Gold tolerance in *Miscanthus × giganteus*: adaptation in amounts and sequence of C4 photosynthetic enzymes. *Plant Physiology*. 132. 2003. P. 1688-1697.

42. OECD «Environmental impacts of the war in Ukraine and prospects for a green reconstruction». OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine, OECD Publishing. 2022. Paris. doi: 10.1787/9e86d691-en

43. Pei, M. H., Hunter, T. & Ruiz, C. (1999). Occurrence of *Melampsora* rusts in biomass willow plantations for renewable energy in the United Kingdom // *Biomass and Bioenergy*. Volume 17, Issue 2, August 1999, pp. 153–163 [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(99\)00038-0](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(99)00038-0) Get rights and content.

44. Peixoto M.D.M., Sage R.F. Improved experimental protocols to evaluate cold tolerance thresholds in *Miscanthus* and switchgrass rhizomes. *GCB Bioenergy*, 8, 2016. P.257–268. doi:10.1111/gcbb.12301

45. Pennington, J.C., & Brannon, J.M. (2002). Environmental fate of explosives. *Thermochimica Acta*, 384(1-2), 163-172. doi: 10.1016/s0040-6031(01)00801-2.

46. Pichtel, J. (2012). Distribution and fate of military explosives and propellants in soil: A review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, article number 617236. doi: 10.1155/2012/617236.

47. Pidlisnyuk V., Erickson L.E., Stefanovska T., Popelka J., Hettiarachchi G.M., Davis L.C., Trogl J. Potential phytomanagement of military polluted sites and biomass production using biofuel crop *Miscanthus x giganteus*. *Environmental Pollution*, 249, 2019. P.330-337. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.018>

48. Reuveny, R., O'Keef, M.A.S., & Li, Q. (2010). The effect of warfare on the environment. *Journal of Peace Research*, 47(6), 749-761. doi: 10.1177/0022343310382069.

49. Rock, S., Pivetz, B., Madalinski, K., Adams, N., & Wilson, T. (2000). Introduction to phytoremediation. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.
50. Ryu, H., Han, J.K., Jung, J.W., Bae, B., & Nam, K. (2007). Human health risk assessment of explosives and heavy metals at a military gunnery range. *Environmental Geochemistry and Health*, 29(4), 259-269. doi: 10.1007/s10653-007-9101-5.
51. Sennerby-Forsse, L. & Zsuffa, L. (1995). Bud structure and resprouting in coppiced stools of *Salix viminalis* L., *S. eriocephala* Michx., and *S. amygdaloides* Anders // *Trees*. April 1995, Volume 9, Issue 4, pp 224–234 <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00195277>
52. Shevchyk-Kostiuk L., Romaniuk O., Banya A. Improving the efficiency of phytoremediation technologies of oil-contaminated soils with the participation of natural sorbents-meliorants. *Scientific Horizons*. 2020. Vol. 23. P. 7-16. doi: 10.48077/scihor.23(10).2020.7-16
53. Shikha D., Singh P. K. In situ phytoremediation of heavy metal-contaminated soil and groundwater: A green inventive approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. Iss. 4. P. 4104–4124. doi: 10.1007/s11356-020-11600-7
54. Sijimol, M.R., Jyothy, S., Pradeepkumar, A.P., Chandran, M.S.S., Ghose, S.S., & Mohan, M. (2015). Review on fate, toxicity, and remediation of perchlorate. *Environmental Forensics*, 16(2), 125-134. doi: 10.1080/15275922.2015.1022914.
55. Stajić, B. (2016). Short rotation energy crops of fast-growing tree species in Serbia: biomass production, legislation, market, and environmental impacts – potentials and constraints: Raport UNDP Serbia. September 2016. 80 p. http://biomasa.undp.org.rs/wp-content/uploads/2017/12/Izvestaj_engleski_26_11_201
56. Sytar O., Tara N. Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. *Journal of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 23. Iss. 4. P. 881–887. doi: 10.5513/JCEA01/23.4.3603
57. Technical Fact Sheet Perchlorate. (2014). Retrieved from https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/ffrrofactsheet_contaminant_perchlorate_january2014_final.pdf.
58. Temple, T., Ladyman, M., Mai, N., Galante, E., Ricamora, M., Shirazi, R., & Coulon, F. (2018). Investigation into the environmental fate of the combined Insensitive High Explosive constituents 2,4-dinitroanisole (DNAN), 1-nitroguanidine (NQ) and nitrotriazolone (NTO) in soil. *Science of the Total Environment*, 625, 1264-1271. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.264.
59. Tsytsiura, Ya.G., Shkatula, Yu.M., Zabarna, T.A., & Pelekh, L.V. (2022). Innovative approaches to phytoremediation and phytorecultivation in modern farming systems. Vinnytsia: Druk LLC.
60. Tullus A., Rytter L., Tullus T. et al. Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe //

Scandinavian Journal of Forest Research. 2012. Vol. 27. P. 10–29.

61. UNCG. (2022). Almost a third part of Ukrainian crops could be abandoned or inaccessible. Retrieved from <https://uncg.org.ua/en/almost-a-third-ua-crops/>.

62. UNEP. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review. UNEP-UN Environment Programme. 2022, October 14. URL: <http://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review>

63. Urbansky, E.T. (2002). Perchlorate as an environmental contaminant. Environmental Science and Pollution Research, 9(3), 187-192. doi: 10.1007/bf02987487.

64. US Army Corps of Engineers, Environmental Research and Development Center. (2006). Distribution and fate of energetics on dod test and training ranges: Final report. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/265599081_Distribution_and_Fate_of_Energetics_on_DoD_Test_and_Training_Ranges_Final_Report.

65. Walker, L. (1999). Ecosystems of disturbed ground. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books.

66. Williams, M. (2015). Wildlife toxicity assessment for nitrocellulose. In Wildlife toxicity assessments for chemicals of military concern (pp. 217-226). Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-800020-5.00011-9.

67. Wojcik T., Tomaszewska B. Biotechnologia w remediacji zanieczyszczen organicznych. Biotechnologia. 2005. Vol. 4. Iss. 71. P.156–172.

68. Yost, S. L., Pennington, J.C., Brannon, J.M., & Hayes, C.A. (2007). Environmental process descriptors for TNT, TNT-related compounds and picric acid in marine sediment slurries. Marine Pollution Bulletin, 54(8), 1262-1266. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.03.019.

69. Zhao, Q.J. (Ed.). (2020). Provisional peer-reviewed toxicity values for picric acid (2,4,6-Trinitrophenol) and ammonium picrate. Washington: US Environmental Protection Agency.

70. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. 2022. 83 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>

71. Балюк С., Кучер А. Національне багатство України – чорноземи – під загрозою знищення. Голос України. 2022. № 245. URL: <http://www.golos.com.ua/article/366511> 30

72. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. Екологічні науки. 2021. № 6. Вип. 39. С. 72–76. doi: 10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11

73. Вирощування біоенергетичних культур: /За редакцією к.с.-г. наук, с.н.с. М.Я. Гументик/ [М.Я. Гументик, Б.М. Радейко, Я.Д. Фучило, ,

В.М. Сінченко О.М. Ганженко, В.С. Бондар, А.С. Фурса, В.М. Квак, М.М. Харитоновв. В.М. Кателевський]. К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с.

74. Гарбар Л.А., Антал Т.В., Романов С. Продуктивність ріпаку озимого за пливу позакоренених підживлень. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. № 2 . 2016. С.174-178.

75. Гарбар Л.А., Юник А. В. Продуктивність сортів ріпаку ярого та його використання як енергетичної сировини. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2007. №116. С.72-76.

76. Гвоздяк, Р. І. Гойчук, А. Ф., Розенфельд, В. В. Лісова фітопатобактеріологія. Навчальний посібник. К.: ВД «Вініченко», 2014. 252 с.

77. Горбатюк Е. М. Гарбар Л. А. Вплив різних умов сівби на формування продуктивності посівів соняшнику. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 3. 2017. С. 24-27.

78. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології*. 2010. Vol. 3. Iss. 29. С. 164–171.

79. Дмитришак М. А., Мокрієнко В. А., Юнеик А. В. Морфобіологічні особливості та технологія вирощування технічних культур. В. : «Нілан-ЛТД». 2017. 484 с.

80. ДСТУ ISO 11269-1:2004 Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Ч.1. Метод визначання інгібіторної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT).

81. ЕкоЗагроза. Офіційний сайт Міндовкілля. 02.08.2024. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/>

82. Заїменко, Н. В. Захист та відновлення ґрунтів у повоєнний період: Стенограма виступу на сесії Загальних зборів НАН України 27.04.2023 р. *Вісник НАН України*. 2023. Вип. 5. С. 54-56. doi: 10.15407/visn2023.05.054

83. Іщенко В. «Бомба уповільненої дії». Як за рік великої війни погіршилася екологічна ситуація в Україні. 2023. October 17. URL: <https://novosti.dn.ua/article/8376-bomba-upovilnenoyi-diyi-yak-za-rik-velykoyi-vijnypogirshylasya-ekologichna-sytuatsiya-v-ukrayini>

84. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Наук. Праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукровихбуряків: зб. наук. пр. Київ, 2011. Вип. 12. С. 90–97.*

85. Каленська С. М., Юник А. В. Спосіб вирощування гірчиці сарептської в умовах Лісостепу. Патент № 125015. Опубліковано в бюлетені 25.04.2018 р. № 8. Державний номер u 2017 11941.

86. Кирилко Я.О. Агроекологічні аспекти створення енергетичних плантацій тополі (*Populus L.*) в умовах Правобережного Лісостепу України: дис. ... доктора філософії: 201 – «Агрономія», Київ, 2023. 129 с.

87. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М., Дубовий Ю. П.

Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2016. Вип. 24. С. 77-85. doi: <https://doi.org/10.47414/np.24.2016.216897>.

88. Леонов О. Про екологічні наслідки військової агресії росії та перспективи їх подолання. Укрінформ. 2023. July 6. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-polytics/3732026-proekologichni-naslidki-vijskovoii-agresii-rosii-ta-perspektivi-ih-podolanna.html>

89. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : НАУ, 2001. 247 с.

90. Матвеев М. Сільське господарство та ринок сільськогосподарських земель України: Вплив війни. Вокс Україна. 2023. October 18. URL: <https://voxukraine.org/silske-gospodarstvo-ta-rynok-silskogospodarskyh-zemel-ukrayiny-vplyvvijny>

91. Мельник О.Г. Окремі аспекти правової охорони ґрунтів: консервація та рекультивация земель в Україні та ЄС. Юридичний науковий електронний журнал. 2020. №3. С.188-190. doi:10.32782/2524-0374/2020-3/45

92. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Випуск 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В.В. Вовкодава. Київ, 2001. 65 с.

93. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / За ред. Яцука І. П., Балюка С. А. 2-ге вид., допов. Київ, 2019. 108 с.

94. Ониськів М. І., Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Платаційне вирощування деревини для потреб целюлозно-паперової промисловості. Науковий вісник УкрДЛТУ. Вип. 101. 2000. С. 147–153.

95. Ониськів М. І., Фучило Я. Д., Сбитна М. В. та ін. Платаційне вирощування деревної сировини для потреб целюлозно-паперової та інших галузей промисловості: методичні рекомендації. К. : ВП НАУ «Боярська лісова дослідна станція», 2008. 85 с.

96. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костоґриз. К.: Дія, 2005. 288 с.

97. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Тараненко А.О., Цьова Ю.А., Середа М.С. Біоремедіація ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Сільське господарство та лісівництво: Наукові журнали Вінницького національного аграрного університету. № 3 (22), 2021. С. 145-160. doi:10.37128/2707-5826-2021-3-1

98. Полуніна О. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. Екодія. 01.03.2023. URL: <https://ecoaction.org.ua/zabrudnennia-zemel-vnaslidok-rosii.html>

99. Приседська В., Шрамович В. Як війна руйнує природу України. BBC News Україна. 2023, October 18. URL: https://bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature

100. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. К. : Аграр Медіа Груп, 2011. 298 306с.
101. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи. За ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 341 с.
102. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.
103. Романюк О.І., Борецька І.Ю., Шевчик Л.З., Ощеповський І.В. Розробка фітореMediaційних композицій для очистки ґрунтів, забруднених нафтою та її похідними. Екологічні науки. 2022. № 4(43) С. 94-99. doi: 10.32846/2306-9716/2022.eso.4-43.15
104. Синиця Ю. С. Біопаливо з ріпаку: сучасні тенденції та перспективи виробництва. *Вісник Степу : наук. зб.* Кіровоград, 2011. Ювіл. вип. С. 217–220.
105. Ситнік І., Мельничук С. Біопаливо з ріпакової олії – майбутнє України. *Науковий вісн. НАУ. Київ*, 2007. Вип. 116. С. 294–302.
106. Сплодитель А. О. Методичні рекомендації з відбору проб ґрунту в зонах бойових дій. Київ, Чернівці : Друк Арт, 2023. 40 с.
107. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії Росії проти України. Київ: ГО Центр екологічних ініціатив «Екодія». 2023. 154 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf>
108. Фучило Я. Д. ПЛантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ: Логос, 2012. 463 с.
109. Хіврич О. Тополя на біопаливо: особливості технології вирощування. Пропозиція. 2016. № 1. С. 66.
110. Черняк Л., Маніцький Т., Тихенко О., Проскурня О., Дмитруха Т. Порівняння ефективності фітореMediaції ґрунту, забрудненого різними видами нафтопродуктів. *ScienceRise*. 2023. Вип. 3. С. 10-17. doi: 10.21303/2313-8416.2023.003217
111. Шевчик Л., Романюк О. Дослідження деяких закономірностей впливу нафти на початкові ростові параметри рослинних тест-об'єктів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2014. Вип. 67. С. 129-137.
112. Юник А. В. Ефективність внесення добрив за вирощування високоолеїнового соняшника на чорноземах типових малогумусних. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. №1. <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.039>
113. Юник А. В. Особливості формування продуктивності гірчиці сарептської. *Новітні агротехнології*. 2017. №5. URL:<http://jna.bio.gov.ua/article/view/122231>

114. Юник А. В. Продуктивність олійних культур родини Brassicaceae залежно від норм внесення мінеральних добрив на чорноземах типових малогумусних. *Науковий вісник НАУ. К.* 2008. №126. С.141– 147.

115. Юник А., Трифонов І. Удобрюємо соняшник. *Агрономія сьогодні* №1 (16), 2020. С. 58-62

116. Юник А.В., Гарбар Л. А., Бондар М. Формування продуктивності ріпаку ярого на чорноземах типових. *Вісник Степу: наук. зб. Кіровоград. ін-ту АПВ.* Ювілейний вип. до 100-річчя Кіровоградського ін-ту АПВ : матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів "Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку", 2012, Ч. 2. С.90-92.