

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет агротехнологій та природокористування**  
**Кафедра садово-паркового та лісового господарства**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ ПІБ  
*підпис*  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему: **«Особливості застосування гербіцидів у лісових розсадниках Сумської області»**

Виконав (-ла):

Денис Дородько

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

Група:

Ліс 2401м

Науковий керівник

професор Тетяна Мельник

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

Рецензент

професор Юрій Міщенко

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

**Суми – 2025**

## АНОТАЦІЯ

**Дородько Денис Сергійович. Особливості застосування гербіцидів у лісових розсадниках Сумської області. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю Лісове господарство, ОПШ «Лісове господарство». Сумський національний аграрний університет. Суми, 2025.**

У кваліфікаційній роботі розглянуто проблему забур'яненості лісових розсадників Сумської області та обґрунтовано доцільність застосування гербіцидів як важливої складової системи догляду за лісовими культурами. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності вирощування садивного матеріалу за умов зростання антропогенного навантаження та посилення конкуренції бур'янів за вологу, елементи живлення і світло.

Метою роботи є оцінити ефективність різних типів гербіцидів (гліфосату, параквату, атразину) у регулюванні забур'яненості в лісових розсадниках, встановити їх вплив на ріст і розвиток лісових культур, рівень фітотоксичності, а також окреслити основні вимоги охорони праці та екологічні наслідки їх застосування. Об'єктом дослідження є лісові розсадники Сумської області, предметом – забур'яненість посівів і біометричні показники сіянців за дії різних гербіцидів.

У роботі проведено порівняльну оцінку системного (гліфосат), контактного (паракват) та ґрунтового (атразин) гербіцидів за показниками зниження забур'яненості, тривалості ефекту, спектра дії та впливу на біометричні параметри сіянців. Встановлено, що гліфосат забезпечує найвище зниження забур'яненості (85–95 % протягом першого місяця) без істотного пригнічення росту лісових культур за дотримання рекомендованих норм витрати. Паракват характеризується швидкою, але короткочасною дією та

підвищеною фітотоксичністю щодо молодих рослин, тоді як атразин є ефективним профілактичним засобом за умов достатньої вологості ґрунту, проте може спричиняти пригнічення росту сіянців у посушливих умовах.

Проаналізовано основні вимоги охорони праці під час роботи з гербіцидами (навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту, вимоги до зберігання, транспортування та роботи з обприскувальною технікою) та екологічні ризики їх застосування для ґрунту, водних екосистем і ентомофауни. Запропоновано рекомендації щодо диференційованого використання гербіцидів у лісових розсадниках, поєднання хімічних заходів із агротехнічними та елементами інтегрованого управління забур'яненістю з метою зниження хімічного навантаження та забезпечення сталого функціонування лісових екосистем.

***Ключові слова:** лісові розсадники, забур'яненість, гербіциди, гліфосат, паракват, атразин, фітотоксичність, ріст і розвиток сіянців, охорона праці, екологічна безпека, інтегроване управління бур'янами.*

## ABSTRACT

**Dorodko Denys Serhiiiovych. Features of Herbicide Application in Forest Nurseries of the Sumy Region. Master's Qualification Thesis for the degree of Master in Forestry, Educational and Professional Program "Forestry". Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.**

The qualification work examines the problem of weed infestation in forest nurseries of the Sumy region and substantiates the appropriateness of using herbicides as an important component of the forest crop management system. The relevance of the topic is determined by the need to increase the efficiency of seedling production under conditions of rising anthropogenic pressure and intensified competition from weeds for moisture, nutrients, and light.

The aim of the study is to evaluate the effectiveness of different types of herbicides (glyphosate, paraquat, atrazine) in regulating weed infestation in forest nurseries, to determine their impact on the growth and development of forest crops, the level of phytotoxicity, as well as to outline key occupational safety requirements and environmental consequences of their use. The object of the research is forest nurseries of the Sumy region, while the subject is weed infestation of sowings and biometric parameters of seedlings under the action of various herbicides.

The study provides a comparative assessment of systemic (glyphosate), contact (paraquat), and soil-applied (atrazine) herbicides based on indicators of weed reduction, duration of effect, spectrum of action, and their influence on seedling biometric characteristics. It was established that glyphosate ensures the highest reduction of weed infestation (85–95% during the first month) without significant suppression of forest crop growth when applied in recommended doses. Paraquat is characterized by rapid but short-term action and increased phytotoxicity toward young plants, whereas atrazine is an effective preventive agent under adequate soil moisture conditions but may inhibit seedling growth in drought-prone environments.

The main occupational safety requirements for working with herbicides (staff training, use of personal protective equipment, requirements for storage, transportation, and application equipment) as well as ecological risks for soil, aquatic ecosystems, and entomofauna have been analyzed. Recommendations are proposed for differentiated herbicide use in forest nurseries, combining chemical measures with agronomic methods and elements of integrated weed management to reduce chemical load and ensure sustainable functioning of forest ecosystems.

**Keywords:** *forest nurseries, weed infestation, herbicides, glyphosate, paraquat, atrazine, phytotoxicity, seedling growth and development, occupational safety, environmental safety, integrated weed management.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ У ЛІСОВИХ РОЗСАДНИКАХ	9
1.1. Історія та етапи розвитку використання гербіцидів у лісовому господарстві	9
1.2. Аналіз наукових досліджень щодо ефективності та впливу гербіцидів	14
1.3. Класифікація гербіцидів та їх механізм дії на бур'яни і деревну рослинність	17
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
2.1. Характеристика об'єкта дослідження	22
2.2. Методика проведення експериментальних досліджень	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
3.1. Вплив різних гербіцидів на забур'яненість у лісових розсадниках	35
3.2. Вплив гербіцидів на ріст і розвиток лісових культур	42
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	50
ДОДАТКИ	55

## ВСТУП

Сучасне лісове господарство перебуває у стані постійного пошуку ефективних і водночас екологічно безпечних рішень для підтримання стабільності лісових екосистем. Одним із ключових чинників, що істотно впливають на успішність вирощування лісових культур, є рівень забур'яненості лісових розсадників. Для контролю небажаної рослинності застосовують механічні, агротехнічні та хімічні методи, серед яких використання гербіцидів залишається найпоширенішим. Гербіциди дають змогу оперативно та результативно пригнічувати бур'яни, проте їх застосування пов'язане з низкою екологічних ризиків. Хімічні речовини можуть накопичуватися у ґрунті, мігрувати у водні ресурси та впливати на організми, що формують екосистему лісових розсадників. Тому оцінка ефективності гербіцидів повинна обов'язково поєднуватися з аналізом їхнього екологічного впливу.

**Актуальність дослідження** посилюється умовами Сумської області, де різноманітність ґрунтів (чорноземи, суглинки, піщані субстрати) та помірно континентальний клімат з теплим вологим літом сприяють інтенсивному поширенню бур'янів. Водночас відмінності температурного режиму й вологості в межах регіону впливають на тривалість дії та трансформацію гербіцидів. Це вимагає адаптованих підходів до вибору препаратів і технологій їх застосування. У цих умовах критично важливо визначити такі способи боротьби з бур'янами, які поєднували б високу результативність з мінімальним негативним впливом на довкілля та якість лісових культур.

*Об'єктом дослідження* є лісові розсадники Сумської області, у яких здійснюється вирощування садивного матеріалу та контроль за забур'яненістю.

*Предметом дослідження* є особливості застосування гербіцидів, їхній вплив на ріст і розвиток лісових культур, а також на стан ґрунтового середовища й водних ресурсів.

**Метою роботи** є оцінка ефективності та екологічної безпеки використання гербіцидів у лісових розсадниках Сумської області та розроблення рекомендацій щодо оптимізації їх застосування.

Для досягнення мети поставлено **такі завдання:**

- 1) визначити найбільш результативні гербіциди для умов лісових розсадників Сумської області;
- 2) оцінити їхній вплив на ріст і біометричні показники лісових культур;
- 3) проаналізувати можливі екологічні наслідки застосування гербіцидів для ґрунтів та водних об'єктів;
- 4) запропонувати комплекс рекомендацій щодо мінімізації ризиків і підвищення ефективності системи контролю бур'янів.

*Методологія дослідження* включає польові спостереження, порівняльний аналіз ефективності різних груп гербіцидів, лабораторне дослідження ґрунтових показників та статистичне опрацювання отриманих результатів.

**Наукова новизна роботи** полягає у комплексній оцінці впливу гербіцидів на лісові культури в умовах Сумської області з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Отримані результати розширюють наукові уявлення про специфіку застосування гербіцидів у лісових розсадниках та дозволяють сформувати адаптовані рекомендації для місцевих лісогосподарських підприємств.

**Практичне значення дослідження** полягає у можливості використання його результатів для підвищення ефективності боротьби з бур'янами, оптимізації системи догляду за лісовими культурами та зменшення ризиків антропогенного впливу на довкілля.

**Структура та обсяг роботи.** Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, що включають огляд літератури, характеристику об'єктів та методів дослідження, результати досліджень та їх обговорення, висновків, списку використаних джерел та додатків.

# РОЗДІЛ 1

## НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ У ЛІСОВИХ РОЗСАДНИКАХ

### 1.1. Історія та етапи розвитку використання гербіцидів у лісовому господарстві

Історія застосування гербіцидів у лісовому господарстві має понад столітню історію, яка тісно пов'язана з розвитком агрохімії як науки, а також із потребами забезпечення високої продуктивності лісових розсадників та створення повноцінних лісових культур. Спочатку основною формою боротьби з бур'янами були механічні засоби, зокрема ручна прополка, боронування, культивація. Проте із зростанням площ лісових розсадників, збільшенням обсягів вирощування посадкового матеріалу та потребою у зменшенні витрат ручної праці, постало питання про впровадження хімічних методів контролю бур'янової рослинності.

Перші спроби застосування хімічних засобів у лісовому господарстві датуються початком ХХ століття, коли використовували неорганічні солі, зокрема сульфати, хлориди та арсенати. Проте вони мали низьку селективність, були токсичними для довкілля і людей. Істотний прогрес відбувся в середині ХХ століття з розвитком органічного синтезу, коли почали з'являться перші селективні гербіциди, такі як 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти), який став основою сучасного хімічного методу боротьби з бур'янами. Від того часу почалося активне вивчення гербіцидів з різним механізмом дії, селективністю, способами внесення та екологічними характеристиками [8].

Значну роль у розробці методичних рекомендацій відіграли праці Болтенкова Ю. О., Стовбуненка Д. В., Устського І. М., які у 2010 році опублікували практичні вказівки щодо використання гербіцидів у культурах

сосни звичайної для умов Полісся та Лісостепу України. Вони запропонували конкретні норми застосування препаратів типу гліфосатів, із детальними зауваженнями до фаз росту бур'янів і розвитку сіянців сосни, що дозволило суттєво знизити фітотоксичність для цільових культур.

Іншим важливим внеском є праці Хромуляка О. І., Савушика М. П. та Шлончака Г. А., які у 2020 році дослідили ефективність гербіцидів у лісових культурах Київського Полісся [1]. Їхня робота стала вагомим кроком у вивченні специфіки забур'яненості розсадників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та впливу гербіцидів на зниження конкуренції бур'янів у початкові періоди росту сіянців. Автори вказують на необхідність точного дотримання агротехнічних регламентів, оскільки навіть мінімальне перевищення дозування може призвести до деформації хвої та зниження життєздатності лісових культур.

Не менш значущими є роботи наукового колективу Львівського лісотехнічного університету під керівництвом Гордієнка М. І., Гуза М. М. та Маурера В. М., які в рамках монографії "Лісові культури" (2005) систематизували підходи до створення й догляду за лісовими насадженнями з урахуванням гербіцидного захисту [2]. Автори наголошують на необхідності адаптації доз і термінів внесення гербіцидів залежно від фітоценотичних умов, типів ґрунтів та особливостей лісових порід.

Практичний аспект використання гербіцидів у Карпатському регіоні був досліджений ще у 1990-х роках у працях Бродовича Р. І., Гаврусевича А. М. та Поради Т. М., які у спільній методичній розробці подали регіональні рекомендації для використання гербіцидів у складних гірських умовах [3]. Особлива увага була приділена екологічній безпеці препаратів та їхньому впливу на водоохоронні зони, що є вкрай важливим у контексті сталого лісоуправління.

Актуальними є також міждисциплінарні дослідження, що розглядають застосування гербіцидів як складову боротьби з інвазійними видами. Зокрема,

праця Макуха Я., Іванюка І., Ременюка С., Мошківської С. та Різника В. (2021) присвячена регуляції чисельності борщівника Сосновського в агро- та лісових фітоценозах України [4]. Хоча об'єкт дослідження відрізняється, автори запропонували низку гербіцидних сумішей, які також можуть бути застосовані в лісорозсадницькому виробництві для боротьби з агресивними багаторічними бур'янами.

Усі зазначені автори у своїх роботах не лише обґрунтовують ефективність гербіцидів, а й наголошують на ризиках порушення агроекологічної рівноваги. У цьому контексті праця Сторчоуса І. М. (2020) має велике значення, оскільки акцентує увагу на залишкових ефектах гербіцидів у ґрунтах і можливих негативних наслідках для лісової рослинності при надмірному або несвоєчасному застосуванні препаратів. Українська наукова традиція у вивченні гербіцидного захисту лісових культур представлена ґрунтовними дослідженнями, в яких поєднуються фітоценотичні, ґрунтово-екологічні та агрохімічні підходи. Ці праці створюють надійну методологічну базу для подальших досліджень, у тому числі в умовах Сумської області, де питання оптимального застосування гербіцидів у лісових розсадниках набуває особливої актуальності з огляду на зміну кліматичних і ґрунтових умов [7].

Основну увагу приділяли ефективності проти однорічних і багаторічних бур'янів, ступеню фітотоксичності для основних лісоутворюючих порід, а також строкам і дозам застосування. У цей період було впроваджено перші регламенти застосування гербіцидів на лісових ділянках, розроблено рекомендації щодо використання сумішей препаратів та норм внесення залежно від типу ґрунтів. Із проголошенням незалежності України та трансформацією аграрного сектора на початку 1990-х років використання гербіцидів у лісовому господарстві зменшилось через економічну кризу, зниження фінансування державного лісового фонду та загальну втрату технологічного рівня галузі. Проте з початку 2000-х років, у зв'язку з інтеграцією в європейський простір,

активізацією міжнародних природоохоронних проєктів, інвестицій у лісову галузь та запровадженням системи сертифікації FSC, питання ефективного та екологічно безпечного застосування гербіцидів знову набули актуальності [9].

Сучасний етап розвитку характеризується інтегрованим підходом до захисту лісових культур, що включає поєднання агротехнічних, механічних та хімічних методів. Значну увагу приділяють вивченню ґрунтових гербіцидів, які діють вибірково, не пригнічуючи розвиток основної деревної рослинності. Також інтенсивно розвиваються технології точкового внесення, оптимізації дозування, застосування безпілотників та цифрових систем моніторингу.

Нижче подано стислу характеристику основних етапів розвитку застосування гербіцидів у лісовому господарстві.

Таблиця 1.1

#### Основні етапи розвитку гербіцидів у лісовому господарстві [9]

Період	Характеристика етапу	Основні препарати/методи
Поч. ХХ ст.	Використання неорганічних сполук (солі, арсенати)	Хлориди, сульфати, арсенати
Сер. ХХ ст.	Впровадження органічних селективних гербіцидів	2,4-Д, МЦПА
1960–1980-ті	Наукове обґрунтування доз, строків, розробка регламентів	Суміші гербіцидів, препарати ґрунтової дії
1990-ті	Зниження використання через економічну кризу	Мінімальне застосування
2000–сьогодення	Інтегрований підхід, новітні технології внесення	Ґрунтові гербіциди, точкове внесення, дрони

Аналіз історії застосування гербіцидів у лісовому господарстві засвідчує поступове, але цілеспрямоване становлення цієї технології як важливої складової лісокультурного виробництва. На початковому етапі (початок ХХ

століття) хімічний захист насаджень здійснювався з використанням переважно неорганічних сполук – таких як солі, хлориди, арсенати та сульфати. Проте їх дія була неконтрольованою, селективність майже відсутня, що обмежувало ефективність і безпечність застосування у лісовому середовищі.

Зі середини ХХ століття відбулося суттєве зрушення: на зміну токсичним і невибірково сполукам прийшли органічні селективні гербіциди, зокрема препарати на основі 2,4-Д та МЦПА. Цей етап був ключовим у становленні хімічного догляду за лісовими культурами, оскільки дозволив боротися з широколистяними бур'янами без значної шкоди для культурних деревних порід. У період 1960–1980-х років розпочалося системне наукове обґрунтування гербіцидного захисту: формувалися регламенти внесення, нормування доз, розроблялися методики селективного контролю забур'яненості з урахуванням біологічних особливостей деревних культур. Значного поширення набули ґрунтові гербіциди та комбіновані препарати з пролонгованою дією [1].

У 1990-х роках в Україні, як і в інших пострадянських країнах, через економічну кризу спостерігалось різке скорочення обсягів застосування гербіцидів у лісовому секторі. Брак фінансування та низький рівень технічного забезпечення суттєво гальмували розвиток хімічних методів догляду. Проте з початку 2000-х років розпочався новий етап, позначений інтеграцією сучасних технологій: упроваджуються високоточні системи внесення препаратів, включно з дронами, а також застосовуються інноваційні гербіциди з мікродозуванням, точковим ефектом і мінімальним екологічним навантаженням. Особлива увага приділяється ґрунтовим препаратам нового покоління, які забезпечують тривалий ефект за мінімального ризику для сіянців.

Еволюція гербіцидів у лісовому господарстві відбувалася в кількох послідовних етапах – від примітивного використання хімічних солей до високотехнологічного інтегрованого захисту рослин. Це свідчить про зростаюче значення хімічного догляду у формуванні якісних лісових культур, зокрема в

умовах лісових розсадників, де контроль бур'янів є критично важливою складовою технологічного процесу вирощування посадматеріалу.

## **1.2. Аналіз наукових досліджень щодо ефективності та впливу гербіцидів**

Проблема контролю небажаної рослинності у лісовому господарстві, зокрема в лісових розсадниках, привертала значну увагу науковців впродовж останніх десятиліть. У зв'язку з інтенсифікацією лісокультурного виробництва, підвищенням вимог до якості посадкового матеріалу та необхідністю збереження біорізноманіття й екологічної рівноваги, вивчення ефективності та впливу гербіцидів набуло особливої актуальності. Гербіциди стали не лише інструментом догляду за культурами, а й чинником, що визначає технологічну й економічну ефективність усього циклу вирощування лісових рослин.

Результати багаторічних досліджень свідчать, що ефективність гербіцидів значною мірою залежить від типу препарату, його діючої речовини, методу внесення, строків застосування, погодних умов, типу ґрунту, виду бур'янів і культури, на якій проводиться обробка. Одним із ключових напрямів сучасних досліджень є оптимізація дозування та поєднання препаратів для досягнення максимальної селективності та мінімізації фітотоксичного впливу на основну культуру [2].

За даними Хромуляка О. І., Савущика М. П. та Шлончака Г. А. (2020), серед гербіцидів, що застосовуються в лісових розсадниках північного Лісостепу й Полісся України, найвищу ефективність у контролі дводольних бур'янів показали препарати на основі діючих речовин 2,4-Д, флорасулам і гліфосат. Зокрема, у дослідях з використанням гербіциду «Річард» було встановлено зниження забур'яненості на 85–95 % при одноразовому обприскуванні посівів сосни звичайної на ранніх стадіях вегетації. Водночас,

фітотоксичність щодо сіянців залишалась у допустимих межах, що дає змогу застосовувати препарат у технологічних регламентах вирощування [4].

Особливу увагу науковці приділяють комплексним схемам захисту культур, у яких поєднуються ґрунтові та контактні гербіциди, що дозволяє забезпечити як профілактичну дію (пригнічення сходів бур'янів), так і знищення вже наявної рослинності. Дослідження Болтенкова Ю. О., Стовбуненка Д. В. та Устського І. М. (2010) підтверджують ефективність комбінованого внесення гербіцидів у фазі 2–4 листків бур'янів. Їх рекомендації включають норми витрати, техніку безпеки та агротехнічні вимоги для хімічних прополювань у культурах сосни звичайної, що набули широкого практичного застосування у лісгоспах центральної частини України [5].

Суттєвий внесок у дослідження дії гербіцидів зробили й представники Львівської лісотехнічної школи. У працях Гордієнка М. І., Гузя М. М. та Маурера В. М. (2005) розкривається взаємозв'язок між типом гербіцидної обробки та морфофізіологічними показниками розвитку сіянців: середня довжина кореневої системи, приріст надземної маси, індекс віталізації. Науковці наголошують на необхідності попереднього тестування гербіцидів у контрольованих умовах, з урахуванням особливостей регіональної флори бур'янів та умов ґрунтової вологості. Вони виявили, що у випадках надмірного зволоження або тривалої посухи ефективність ґрунтових гербіцидів значно знижується, що зумовлює потребу у корекції строків обробки.

Дослідники також звертають увагу на екологічні наслідки гербіцидного контролю. Зокрема, Сторчоус І. М. (2020) вказує на ризики порушення мікрофлори ґрунту при багаторазовому застосуванні гліфосатвмісних препаратів. Було доведено, що надлишкове внесення гербіцидів спричиняє зменшення чисельності азотфіксуючих бактерій, мікоризних грибів та інших біоагентів, відповідальних за біологічну родючість ґрунту. Таким чином,

гербіцидна обробка має здійснюватися строго регламентовано, з урахуванням ґрунтових характеристик і рекомендованих доз.

Не менш важливою є проблема стійкості бур'янів до гербіцидів, яка, за даними ряду дослідників, ускладнює підтримання чистоти посівів при тривалому використанні однотипних препаратів. У відповідь на це виклики, в сучасній практиці все активніше впроваджуються біогербіциди на основі натуральних сполук (ефірні олії, рослинні алкалоїди), а також механізми ротації діючих речовин. Паралельно ведуться дослідження з використання мультисенсорних систем виявлення бур'янів для точкового внесення препаратів із застосуванням безпілотних літальних апаратів, що дозволяє значно знизити пестицидне навантаження [4].

Дослідження Макуха Я., Іванюка І. та Ременюка С. (2021) фокусуються на гербіцидному контролі інвазійних бур'янів, зокрема *Heracleum sosnowskyi*, який має високий алелопатичний потенціал та активно колонізує вільні ділянки в лісових розсадниках. Науковці доводять, що традиційні гербіциди є недостатньо ефективними проти багаторічних видів із розвинутою кореневою системою, і тому пропонують інтегровані схеми з поєднанням хімічних, механічних і біологічних методів.

Таким чином, проведений аналіз вітчизняних та міжнародних досліджень підтверджує комплексний характер проблематики застосування гербіцидів у лісовому господарстві. Поряд із високою ефективністю у знищенні небажаної рослинності, гербіциди мають потенційний негативний вплив на цільові культури, ґрунтову біоту та навколишнє середовище. Тому пріоритетними напрямками подальших досліджень залишаються: створення селективних, біологічно безпечних препаратів; розробка технологій точкового внесення; вивчення адаптивності сіянців до гербіцидного стресу; інтеграція хімічного захисту у систему сталого лісівництва. Усе це дозволить підвищити

ефективність вирощування лісових культур без порушення екологічної рівноваги в агро- та лісоценозах.

### **1.3. Класифікація гербіцидів та їх механізм дії на бур'яни і деревну рослинність**

Використання гербіцидів у лісовому господарстві є одним із найважливіших засобів контролю бур'янів, що дозволяє підвищити ефективність вирощування лісових культур і покращити якість посадкового матеріалу. Гербіциди, як хімічні речовини, що пригнічують або знищують небажану рослинність, класифікуються за різними ознаками, які визначають їх вибір у конкретних агротехнічних умовах та технологічних процесах. До основних критеріїв класифікації відносять хімічну структуру, механізм дії, спектр дії, спосіб внесення, а також селективність по відношенню до цільових культур (табл. 1.2).

За хімічною природою гербіциди поділяють на органічні та неорганічні сполуки. Неорганічні гербіциди включають солі важких металів (арсенати, хлориди, сульфати), які застосовувалися на ранніх етапах розвитку агрохімії, але через високу токсичність і низьку селективність практично виведені з обігу. Сучасні гербіциди базуються переважно на органічних сполуках різної природи – феноксикислотах, сульфонілсечовинах, триазилах, карбонових кислотах, дикамбах, гліфосаті тощо. Ця хімічна різноманітність забезпечує широке поле для розробки селективних і ефективних препаратів.

Одна з найпоширеніших класифікацій гербіцидів базується на механізмі їх дії, який визначає специфіку впливу на метаболічні процеси рослин. Гербіциди можуть бути системними або контактними. Системні гербіциди проникають у рослину через листя або корені, переміщуються по флоемі і ксилемі, поширюючись по всій рослині, що дозволяє знищувати не лише

наземні, але і підземні частини бур'янів. Контактні гербіциди діють безпосередньо на ті тканини, які були оброблені, не мають здатності переміщуватися, тому часто застосовуються для контролю однорічних бур'янів [7].

Таблиця 1.2

## Класифікації гербіцидів [8]

Критерій класифікації	Група гербіцидів	Механізм дії	Спектр дії	Форма внесення	Особливості застосування в лісових розсадниках
1	2	3	4	5	6
За хімічною природою	Неорганічні	Токсичний вплив на клітинні структури	Неселективні	Ґрунтове	Використовували раніше, висока токсичність, обмежене застосування через негативний вплив на екосистему
	Органічні феноксикислоти (2,4-Д, МЦПА)	Модуляція гормонального балансу, порушення росту	Селективні (проти дводольних)	Позакорене	Широко застосовуються для контролю широколистяних бур'янів, висока селективність щодо хвойних культур
	Сульфонілсечовини	Інгібування синтезу амінокислот (ALS-інгібітори)	Селективні	Позакорене, ґрунтове	Ефективні проти широкого спектра бур'янів, застосовуються у розсадниках для захисту культур
	Триазини	Блокування фотосинтезу на рівні хлоропластів	Неселективні частково селективні	Ґрунтове, позакорене	Використовуються для контролю широкого спектра бур'янів, можливий фітотоксичний вплив на сіянці
За механізмом дії	Системні гербіциди	Поглинаються рослиною, переміщуються флоємою /ксилемою	Широкий спектр	Позакорене, ґрунтове	Застосовуються для повного контролю бур'янів, потребують дотримання регламентів для зниження фітотоксичності

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
	Контактні гербіциди	Знищують тканини, що контактують із препаратом	Обмежений спектр	Позакорене	Використовуються для контролю молодих бур'янів, без значного впливу на культурні рослини
За спектром дії	Ґрунтові гербіциди	Активні у ґрунті, пригнічують проростання бур'янів	Профілактичні	Ґрунтове	Ефективні для запобігання забур'яненню, особливо в період посіву/садіння
	Селективні	Діють лише на певні види бур'янів	Селективний	Всі види внесення	Основні у лісових розсадниках, дозволяють зберегти культурні рослини
	Неселективні	Знищують всі види рослинності	Неселективний	Позакорене, ґрунтове	Використовуються для очищення території перед садінням або на просіках
	Позакорене	Внесення на листя, стебла	Варіабельний	Позакорене	Найпоширеніша форма для точкового застосування у розсадниках
За механізмом дії	Ґрунтові	Внесення у ґрунт	Профілактичний	Ґрунтове	Контроль бур'янів до появи сходів
	Комбіновані	Поєднання двох методів	Варіабельний	Позакорене + ґрунтове	Комплексний підхід для підвищення ефективності боротьби з бур'янами

Щодо механізмів впливу, гербіциди поділяють на групи за метою дії у біохімічних процесах рослин. Серед найбільш поширених категорій – гербіциди, що інгібують фотосинтез, наприклад, триазини, які блокують фотосинтетичні реакції в хлоропластах, що призводить до окисного стресу і загибелі клітин. Інша група – інгібітори ацетолактатсинтази (ALS) – пригнічують синтез незамінних амінокислот, що є критичним для росту і розвитку рослин. До них

належать сульфонілсечовинні гербіциди, які широко використовують у лісовому господарстві для боротьби з дводольними бур'янами.

Ще одна значна група – гербіциди, що порушують синтез жирних кислот, наприклад, препарати групи інгібіторів ацетил-КоА карбоксилази (ACCCase), які ефективні переважно проти однодольних бур'янів. Серед них виділяють фенациклідини, флуазифопи та інші. Їх дія базується на блокуванні ключових ферментів, що відповідають за утворення мембранних ліпідів і структурних компонентів клітин.

Також слід відзначити гербіциди, які впливають на гормональні процеси рослин – синтетичні ауксини (2,4-Д, МЦПА, дикамба) – які спричиняють гормональний дисбаланс, надмірний ріст і дегенерацію тканин бур'янів. Ці препарати мають високу селективність щодо однорічних і багаторічних дводольних бур'янів, що робить їх незамінними в лісокультурній практиці.

Відповідно до спектра дії, гербіциди поділяють на селективні та неселективні. Селективні гербіциди вибірково пригнічують або знищують певні види бур'янів, при цьому не шкодять культурним деревним рослинам, що дозволяє застосовувати їх для обробки молодих лісових культур. Наприклад, 2,4-Д і МЦПА широко використовуються для контролю широколистих бур'янів у соснових і ялинових розсадниках. Неселективні гербіциди (гліфосат, паракват) знищують практично всю рослинність, що є ефективним на відкритих територіях і для очищення площадок перед садінням [8].

Залежно від способу внесення гербіциди класифікують на ґрунтові, позакореневі (листові) та комбіновані. Ґрунтові гербіциди вносяться у ґрунт і діють на проростаючі бур'яни, що дає змогу здійснити профілактичний захист культур. Позакореневі гербіциди застосовують безпосередньо на листя та стебла бур'янів для їх знищення після появи сходів. Комбіновані системи внесення дозволяють комплексно вирішувати проблему забур'яненості на різних стадіях розвитку бур'янів.

Особливості механізму дії гербіцидів визначають їх вплив не лише на бур'яни, а й на культурні деревні рослини. Оскільки лісові культури мають різну ступінь чутливості до окремих діючих речовин, правильний вибір гербіцидів з урахуванням їх селективності є ключовим фактором успішного застосування. Системні гербіциди, які переміщуються рослиною, потенційно можуть викликати фітотоксичні явища, особливо на молодих сіянцях, тому дози та строки внесення повинні ретельно регламентуватися. Контактні препарати, будучи менш проникними, частіше застосовуються для знищення дрібних бур'янів, не завдаючи шкоди деревній культурі.

Додатково, механізми дії можуть змінюватися під впливом факторів зовнішнього середовища: температури, вологості, сонячного освітлення, фізико-хімічних властивостей ґрунту. Це вимагає від фахівців у галузі лісового господарства комплексного підходу до вибору та використання гербіцидів, з урахуванням конкретних умов досліджуваних територій.

Важливим напрямом сучасних досліджень є розробка гербіцидів з модульованою дією, які можуть змінювати спектр своєї активності в залежності від стадії розвитку бур'янів та умов зовнішнього середовища. Також великі надії покладають на біогербіциди – природні або біотехнологічно модифіковані речовини, які впливають на бур'яни без негативного впливу на лісову екосистему.

Класифікація гербіцидів і розуміння їх механізмів дії є фундаментальними для побудови ефективних технологій захисту лісових культур. Науково обґрунтований вибір типу гербіциду, дози, строків і способів внесення дозволяє максимально підвищити продуктивність лісових розсадників, мінімізувати втрати від забур'яненості та зберегти екологічну стійкість лісових екосистем.

## РОЗДІЛ 2

### ПРИРОДНІ УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Характеристика об'єкта дослідження

Сумська область розташована у північно-східній частині України і займає площу близько 23,8 тис. км<sup>2</sup>, що становить приблизно 3,9 % території країни. Координати області – від 50°03' до 52°30' північної широти та від 33°51' до 36°12' східної довготи. Адміністративний центр – місто Суми. Область межує з Російською Федерацією на сході (протяжність кордону близько 500 км), а також із Чернігівською, Полтавською та Харківською областями України. Така географічна локалізація на межі лісостепової і Поліської природних зон визначає комплекс природних умов, що характеризуються різноманіттям кліматичних, ґрунтових та лісових параметрів.

Клімат Сумської області є помірно континентальним, що характеризується чітко вираженими порами року. Такий клімат створює умови для вирощування лісових культур, однак через сезонну нерівномірність температур і опадів, умови для їх росту можуть змінюватися від року до року. Середньорічна температура повітря в Сумській області коливається в межах +6,5...+7,5 °С. Це свідчить про те, що регіон має відносно помірний клімат, який сприяє розвитку різних лісових культур. Однак температура може значно змінюватися залежно від сезону (табл. 2.1) [10].

Зимовий період: найхолоднішим місяцем є січень, коли середня температура коливається між –6 °С і –8 °С. В окремі роки можливі значні зниження температури до –30 °С і нижче. Така різка зміна температури може мати негативний вплив на молоді рослини, зокрема на їх зимостійкість. Сніговий покрив також варіюється: іноді зими бувають малосніжними, що може

ускладнити зимівлю для деяких видів рослин, а іноді спостерігаються сильні снігові покриви, що створюють додаткове навантаження на молоді дерева.

Таблиця 2.1

### Основні характеристики кліматичних умов Сумської області [15]

Показник	Значення	Одиниці виміру
Середньорічна температура	7,0	°С
Середня температура січня	-7,0	°С
Середня температура липня	+19,5	°С
Середньорічна сума опадів	540	мм
Відносна вологість повітря	70	%
Тривалість вегетаційного періоду	170–180	днів
Максимальна висота над рівнем моря	250	м

Літній період: найбільш теплим місяцем є липень, коли середня температура коливається між +18 °С і +20 °С. В цей час спостерігається максимальний ріст рослин, однак для лісових культур важливими є також опади та вологість, адже при недостатньому зволоженні навіть влітку можуть виникати проблеми з їх розвитком. Середньорічна сума опадів на території Сумської області становить 520–600 мм. Це забезпечує помірно вологі умови для лісового росту, однак кількість опадів розподіляється нерівномірно протягом року. Літні місяці, зокрема червень і липень, часто є найбільш вологими, що сприяє інтенсивному росту рослин, в той час як в осінні та зимові місяці вологість може знижуватися, що ускладнює підтримку оптимальних умов для рослин. Завдяки такому режиму опадів, лісові культури Сумщини мають можливість розвиватися в умовах помірного зволоження, що є необхідним для більшості хвойних і листяних дерев, які ростуть на цій території.

Зима на території Сумської області зазвичай помірно морозна. Середня температура в січні становить  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , проте можливі різкі коливання температури, що можуть призвести до різкого зниження температури до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче. В таких умовах лісові культури потребують додаткових заходів захисту від замерзання, особливо молоді сіянці, що можуть бути вразливими до таких екстремальних холодів [12].

Весна в Сумській області характеризується частими весняними паводками, коли снігові води швидко тануть і призводять до підвищення рівня води в річках і на полях. Це явище створює тимчасові труднощі для вирощування лісових культур, оскільки рослини можуть бути затоплені, що негативно впливає на їх розвиток. Також весна відзначається нерівномірним розвитком вегетації через перепади температури, коли ранні теплі дні можуть змінюватися нічними заморозками.

Середньорічна сума опадів в Сумській області складає від 520 мм до 600 мм, що достатньо для помірно вологих умов для розвитку лісових культур. Проте, опади розподіляються нерівномірно впродовж року:

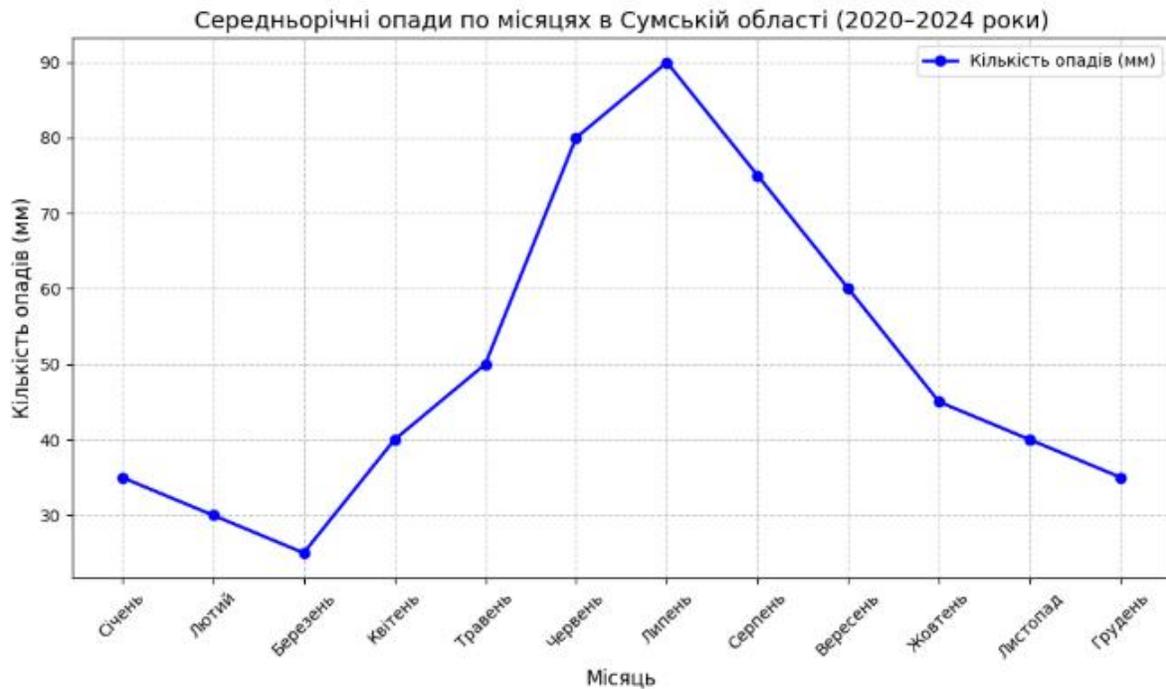
- Зимовий період – зменшена кількість опадів у вигляді снігу, що може створювати труднощі для водозабезпечення рослин.
- Літній період – найбільша кількість опадів припадає на червень та липень, коли середня кількість опадів становить 70–90 мм на місяць.

Середньорічні опади по місяцях в Сумській області (за даними 2020–2024 років, представлено на графіку 2.1).

Загалом клімат Сумської області є помірно-континентальним з певними екстремальними коливаннями температури і вологи, що зумовлює необхідність обережного підходу до вибору та вирощування лісових культур, зокрема щодо вибору видів, які можуть витримувати такі сезонні зміни.

Рельєф території переважно рівнинний з окремими підвищеннями, серед яких виділяються такі геоморфологічні структури, як вододільні плато, заплавні

долини річок Псел, Ворскла, Сула. Висота над рівнем моря коливається від 90 до 250 м, що створює умови для формування зональних типів лісових екосистем. Ґрунтовий покрив має різноманітний характер, у тому числі дерново-підзолисті ґрунти в Поліссі, сірі лісові ґрунти в лісостеповій зоні, а також місцями болотисті ґрунти у заплавних районах.



**Рис. 2.1.** Середньорічні опади по місяцях в Сумській області (2020–2024 рр.)

Загалом природні умови Сумської області створюють сприятливі передумови для розвитку лісового господарства, зокрема для лісових розсадників, які є основою для лісовідновлення і лісокультурних заходів в регіоні.

Лісові розсадники Сумської області займають ключову роль у лісокультурному виробництві, забезпечуючи регіон посадковим матеріалом для лісовідновлення та лісоутворення. Вони мають важливе значення не тільки для підтримки біорізноманіття, але й для збереження екологічного балансу в регіоні,

оскільки від правильного вибору і вирощування посадкових культур залежить подальший розвиток лісових екосистем.

Основним завданням лісових розсадників є вирощування здорових, життєздатних сіянців для відновлення лісів, які відповідають екологічним умовам, характерним для Сумської області. У розсадниках вирощуються посадкові матеріали для основних лісоутворюючих порід, серед яких найбільш поширеними є хвойні та листяні породи дерев. Їх правильний вибір залежить від характеристик ґрунтів, клімату та специфічних умов місцевості.

Лісові розсадники Сумської області становлять важливу ланку лісокультурного виробництва, орієнтовані на вирощування посадкового матеріалу основних лісоутворюючих порід, серед яких домінують сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), ялина європейська (*Picea abies* (L.) H. Karst.) та інші (табл. 2.2).

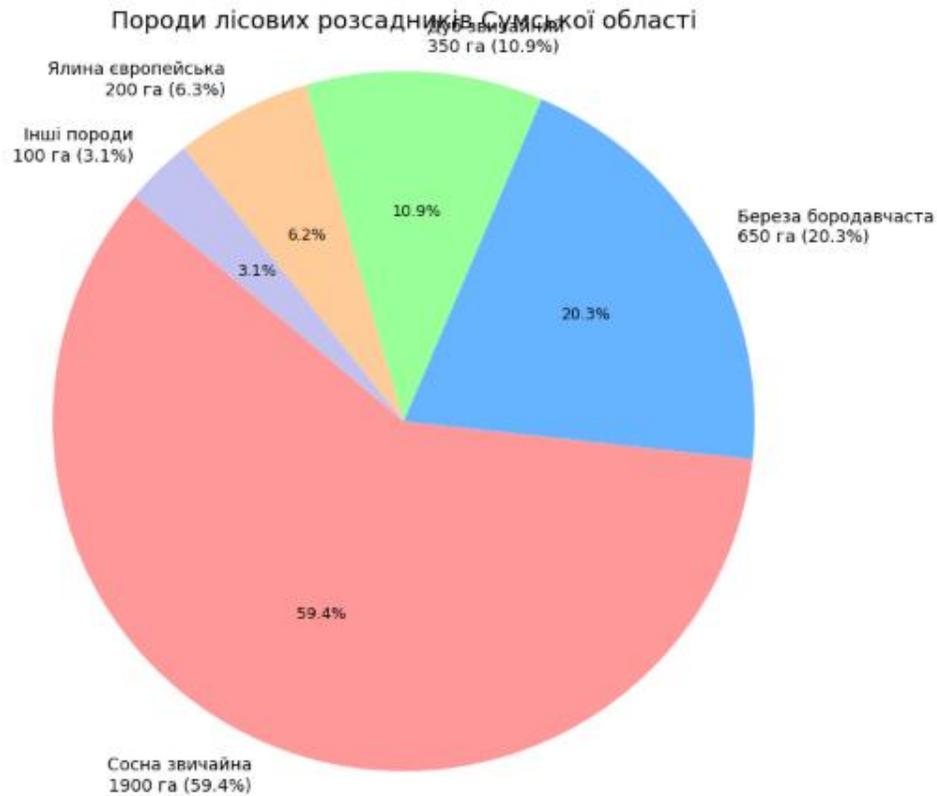
Таблиця 2.2

**Основні породи лісових розсадників Сумської області за площею та питомою вагою [17]**

Порода	Площа (га)	Відсоток від загальної площі (%)
Сосна звичайна	1900	59,4
Береза бородавчаста	650	20,3
Дуб звичайний	350	10,9
Ялина європейська	200	6,3
Інші породи	100	3,1

Окрім основних лісоутворюючих порід, в лісових розсадниках Сумської області вирощуються й інші види дерев, серед яких ялиця біла (*Abies alba* Mill.),

модрина європейська (*Larix decidua* Mill.), осика (*Populus tremula* L.), вільха (*Alnus glutinosa* L.) та інші (рис. 2.2).



**Рис. 2.2. Розподіл за площею та питомою вагою основних порід у лісових розсадниках Сумської області**

Ці породи використовуються для створення лісових насаджень в певних кліматичних умовах, де вони можуть бути адаптовані до місцевих умов, таких як вологі та болотисті ділянки.

Лісові розсадники Сумської області виконують важливу функцію в екологічному відновленні та лісовідновленні регіону. Вони є основними джерелами посадкового матеріалу для лісових масивів, що забезпечує стабільний розвиток лісового господарства в області, підтримку біорізноманіття та збереження екологічних функцій лісів. Від вирощування здорових та витривалих сіянців залежить здатність лісів виконувати такі важливі функції, як

очищення повітря, захист водних ресурсів, збереження біологічного різноманіття та боротьба з ерозією ґрунтів. З точки зору економіки, лісові розсадники є важливим елементом лісової індустрії, оскільки вони забезпечують постійний попит на посадковий матеріал для лісовідновлення та створення лісових культур, що має економічну цінність для регіону. Вони також сприяють розвитку інших галузей економіки, таких як деревообробка, туризм та відпочинок на природі.

За даними Сумського обласного управління лісового та мисливського господарства (станом на 2024 рік), площа під лісовими розсадниками становить близько 3200 га, що є приблизно 5 % загальної площі лісового фонду області. Розсадники розташовані переважно в умовах Поліської та Лісостепової зон, зони впливу різних агрокліматичних умов, що визначає як якісні, так і технологічні особливості лісокультурних заходів.

Регіональні особливості:

- віковий склад розсадників – переважають культури віком від 1 до 5 років, які формуються за технологією закритої та відкритої кореневої системи;
- типи посадкового матеріалу – у більшості випадків застосовується сіянцевий та садивний матеріал 1-2 річного віку, який підлягає попередній загартуванню;
- технологічні умови – лісові розсадники обладнані системами крапельного поливу, захисту від бур'янів, механічного оброблення ґрунту, а також застосовують комплекс заходів із боротьби з шкідниками та хворобами.

Основною проблемою у підтримці високої продуктивності лісових розсадників є контроль бур'янової рослинності, що в умовах Сумської області характеризується активним ростом широкого спектру однорічних і багаторічних трав'янистих рослин, здатних істотно конкурувати за світло, воду і поживні речовини.

Сумська область, з її різноманітними природними умовами, характеризується багатством типів ґрунтів, кожен з яких має свої особливості і впливає на розвиток лісових культур (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Особливості ґрунтів та їх поширення на території Сумської області [18]

Тип ґрунту	Характеристика	Площа (тис. га)	Відсоток території (%)
Дерново-підзолисті ґрунти	Середньо-кислотні, помірно родючі, супіщані	820	34,4
Сірі лісові ґрунти	Нейтральні або слаболужні, середньо-родючі	640	26,8
Болотисті ґрунти	Вологі, з високим рівнем органіки	150	6,3
Лісові дернові ґрунти	Відносно родючі, хороша водопроникність	580	24,3
Інші типи ґрунтів	Включаючи супіски, суглинки	180	7,5

Дерново-підзолисті ґрунти – це тип ґрунту, який зазвичай зустрічається на територіях з помірним кліматом, зокрема в Сумській області. Ці ґрунти мають середньо-кислу реакцію (рН 5-6), що робить їх помірно родючими, хоча їх родючість може варіюватися залежно від глибини і складу гумусного горизонту. Дерново-підзолисті ґрунти переважно супіщані або легкі, що сприяє хорошій водопроникності. Водночас, через недостатнє накопичення поживних речовин у верхніх шарах, ці ґрунти можуть бути обмеженими для деяких видів лісових культур, якщо не застосовуються додаткові заходи з покращення родючості. Займають найбільшу площу в області, близько 820 тис. га, що становить 34,4% від загальної площі ґрунтів Сумщини. Ці ґрунти найчастіше зустрічаються в лісостеповій зоні області, де вони використовуються для вирощування таких дерев, як сосна звичайна, береза бородавчаста та інші.

Сірі лісові ґрунти – це ґрунти, що відрізняються нейтральною або слаболужною реакцією, що робить їх середньо родючими і сприятливими для розвитку різноманітних видів рослин. Вони мають добре розвинений гумусний горизонт, що сприяє збереженню органічних речовин та води. Ці ґрунти мають помірну водопроникність і підходять для вирощування багатьох видів лісових культур, включаючи дуб звичайний, ялину європейську та інші породи.

Сірі лісові ґрунти займають площу 640 тис. га, що становить 26,8% території області. Вони зустрічаються на середніх висотах, переважно в лісостеповій зоні та окремих частинах Полісся, де кліматичні умови дозволяють їм добре розвиватися.

Болотисті ґрунти характеризуються високим рівнем органічних речовин та підвищеною вологістю. Вони часто мають кислу реакцію, що обмежує їх родючість, проте на таких ґрунтах часто розвиваються рослини, які є добре адаптованими до вологих умов. Зокрема, на болотистих ґрунтах можуть рости такі дерева, як вільха і деякі види осики, які добре витримують підвищену вологість. Болотисті ґрунти займають площу 150 тис. га або 6,3% від загальної площі території області. Вони поширені на низинних ділянках, зокрема в заплавах районів річок і струмків, де ґрунти часто перезволожуються через паводки.

Лісові дернові ґрунти є достатньо родючими і мають хорошу водопроникність, що робить їх ідеальними для вирощування лісових культур. Вони характеризуються вищим рівнем гумусу і вмістом поживних речовин, що дає можливість вирощувати більш вимогливі до умов дерева, такі як дуб звичайний або ялина європейська. Ці ґрунти зазвичай мають нейтральну реакцію і сприяють формуванню здорових лісових насаджень.

Лісові дернові ґрунти займають площу 580 тис. га, що становить 24,3% від загальної площі ґрунтів області. Вони найбільш поширені в лісових масивах, де створюються сприятливі умови для зростання лісових культур. До цієї групи

належать ґрунти, які не можна віднести до основних типів, таких як супіски, суглинки та інші варіації ґрунтів, що зустрічаються на окремих ділянках області. Ці ґрунти мають різний ступінь родючості та водопроникності, і їх можна використовувати для вирощування деяких видів лісових культур, проте вони потребують особливого підходу при виборі порід для посадки.

Інші типи ґрунтів займають 180 тис. га, що становить 7,5% від загальної площі ґрунтів області. Вони зустрічаються на невеликих ділянках, зокрема в районах, де змішуються різні типи ґрунтів або внаслідок природних факторів утворюються різноманітні ґрунтові комплекси.

## **2.2. Методика проведення експериментальних досліджень**

Для оцінки ефективності гербіцидів в умовах лісових розсадників Сумської області використовуються різноманітні методи, що забезпечують високий рівень точності й надійності результатів. Застосування комплексного підходу до збору даних та їх обробки є основою досліджень. Це включає польові експерименти, лабораторні дослідження, біоморфологічні вимірювання рослин, а також статистичний аналіз отриманих даних. У цьому розділі детально розглядається кожен етап експерименту, зокрема вибір ділянок, гербіцидів, методи внесення, методи оцінки ефективності, а також екологічні наслідки використання хімічних препаратів.

Першим етапом дослідження є вибір відповідних ділянок, на яких буде проводитися експеримент. Вибір ділянок ґрунтується на географічних, ґрунтових та кліматичних умовах, а також на специфічних характеристиках лісових культур, що вирощуються на цих ділянках.

Основні критерії для вибору ділянок:

1. Тип ґрунту. Ділянки мають бути різними за типом ґрунтів для оцінки ефективності гербіцидів в умовах дерново-підзолистих, сірих лісових та болотистих ґрунтів.

2. Природні умови. Різні природні умови, такі як клімат і вологість ґрунтів, мають вплив на результат застосування гербіцидів, тому розсадники мають бути розташовані як у Лісостепу, так і в Поліссі.

3. Вік лісових культур. Для досліджень обрані ділянки з посадками сіянців віком 1-3 роки, оскільки в цей період культури найбільш чутливі до хімічного впливу.

4. Розподіл ділянок на контрольні та експериментальні варіанти дозволяє здійснити порівняння результатів обробки різними гербіцидами та визначити найбільш ефективний метод контролю бур'янів для кожного типу ґрунту та лісової культури. Для проведення дослідження обрано кілька гербіцидів, які відрізняються механізмами дії, селективністю та ефективністю проти різних видів бур'янів. Це дозволяє оцінити різні стратегії боротьби з бур'янами в лісовому господарстві.

Типи гербіцидів, що використовуються в дослідженні.

– системні гербіциди – препарати, які проникають через тканини рослини і переміщуються по флоемі та ксилемі, знищуючи бур'яни в усіх частинах рослини:

– контактні гербіциди – гербіциди, що діють безпосередньо на тканини, з якими вони контактують;

– ґрунтові гербіциди – препарати, що вносяться у ґрунт і активно діють на проростаючі бур'яни.

Внесення гербіцидів здійснюється за допомогою різних методів, зокрема позакореневого, ґрунтового та комбінованого внесення. Для кожного гербіциду вибирається оптимальний метод, що забезпечує найбільшу ефективність при мінімальному екологічному впливі.

### Характеристика гербіцидів, які використовуються в дослідженнях

Гербіцид	Тип	Спектр дії	Механізм дії	Спосіб внесення
Гліфосат	Системний	Широкий (однорічні та багаторічні бур'яни)	Проникає в тканини, поширюється по рослині	Позакореневе
Паракват	Контактний	Однорічні бур'яни	Впливає на поверхневі тканини рослин	Позакореневе
Атразин	Ґрунтовий	Однорічні трав'янисті бур'яни	Порушує процеси фотосинтезу в коренях	Ґрунтове

Методи внесення гербіцидів:

1. Позакореневе внесення – гербіциди розпилюються на листя бур'янів. Цей метод застосовується для контактних гербіцидів, а також для деяких системних препаратів.
2. Ґрунтове внесення – гербіциди вносяться в ґрунт для запобігання проростанню бур'янів, що є ефективним для боротьби з багаторічними рослинами.
3. Комбіноване внесення – використовується для забезпечення комплексної дії проти різних видів бур'янів.

Для оцінки ефективності гербіцидів на дослідних ділянках застосовуються різноманітні методи збору даних. Основними показниками є густина бур'янів, ріст та розвиток лісових культур, а також рівень фітотоксичності.

Визначення густоти бур'янів на кожній ділянці проводиться підрахунок кількості бур'янів за допомогою квадратичного методу. Це дозволяє визначити рівень забур'яненості та ефективність боротьби з бур'янами після обробки гербіцидами.

Біометричні вимірювання сіянців, вимірюються висота, діаметр стовбура, кількість листя, що дає змогу оцінити вплив гербіцидів на ріст та розвиток лісових культур (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

### Біометричні вимірювання для оцінки ефективності гербіцидів

Показник	Контроль	Гліфосат	Паракват	Атразин
Висота сіянців, см	35	30	32	34
Діаметр стовбура, мм	3,5	3,0	3,2	3,4
Кількість листя, шт	12	10	11	12

Фітотоксичність після внесення гербіцидів проводиться візуальна оцінка стану рослин за 5-бальною шкалою, де 1 – здоровий стан рослин, 5 — сильне пошкодження.

Оцінка екологічних наслідків використання гербіцидів є важливим етапом досліджень. Це включає моніторинг впливу гербіцидів на ґрунтову біоту, зокрема на азотфіксуючі бактерії та мікоризні гриби. Визначення залишкових ефектів гербіцидів у ґрунті дозволяє оцінити довготривалий вплив застосованих препаратів.

Ґрунтова мікрофлора досліджується зміна чисельності бактерій та грибів, що є важливими для підтримки родючості ґрунту.

Методика проведення експериментальних досліджень є комплексною і забезпечує високу точність результатів завдяки детальному підходу до вибору ділянок, гербіцидів, методів внесення та оцінки екологічних наслідків. Це дозволяє не лише визначити ефективність гербіцидів, але й розробити рекомендації для їх оптимального використання в лісовому господарстві Сумської області.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Вплив різних гербіцидів на забур'яненість у лісових розсадниках

Забур'яненість є однією з головних проблем, з якими стикаються лісові розсадники, особливо в умовах помірно континентального клімату Сумської області. Бур'яни активно конкурують з лісовими культурами за світло, воду та поживні речовини, що значно знижує продуктивність лісового господарства. Боротьба з бур'янами в лісових розсадниках здійснюється через комплекс агротехнічних заходів, серед яких використання гербіцидів займає важливе місце. Проте різні гербіциди мають різні механізми дії, ефективність та стійкість, що вимагає ретельного аналізу їх використання.

У рамках проведених досліджень ми зосередилися на порівнянні ефективності трьох основних типів гербіцидів – системних, контактних та ґрунтових – в умовах Сумської області. Для цього було обрано такі препарати: гліфосат, паракват і атразин, які є найбільш широко застосовуваними гербіцидами для контролю забур'яненості в лісових розсадниках. Кожен з цих гербіцидів має свої особливості в залежності від типу бур'янів, на які він діє, та екологічних умов [20].

У дослідженні було визначено ефективність кожного з гербіцидів, зокрема на основі таких факторів, як швидкість дії, спектр дії, вплив на типи бур'янів і тривалість ефекту. Динаміка забур'яненості на ділянках, де використовувалися різні гербіциди, була проаналізована на основі порівняння забур'яненості в контрольних і оброблених ділянках протягом вегетаційного періоду.

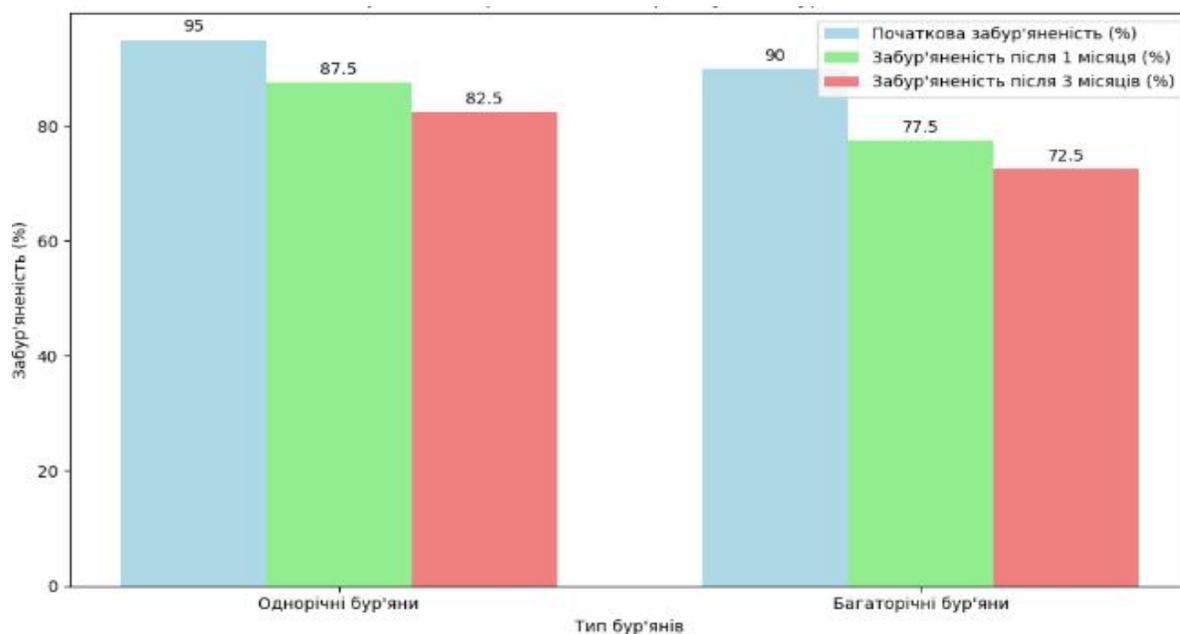
Гліфосат є препаратом широкого спектра дії, який проникає в рослину через листя або стебла, потрапляє в тканини і переміщується через флоему та ксилему, знищуючи бур'ян в усіх частинах рослини. Завдяки своїй високій

ефективності гліфосат використовується для контролю як однорічних, так і багаторічних бур'янів. Його здатність знищувати кореневу систему робить цей препарат ефективним у боротьбі з багаторічними трав'янистими рослинами, такими як пирій та осоти (табл. 3.1 та рис. 3.1).

Таблиця 3.1

### Порівняння ефективності гліфосату по забур'яненості

Тип бур'янів	Початкова забур'яненість (%)	Забур'яненість після 1 місяця (%)	Забур'яненість після 3 місяців (%)
Однорічні бур'яни	95	85-90	80-85
Багаторічні бур'яни	90	75-80	70-75



**Рис. 3.1. Порівняння ефективності гліфосату по забур'яненості**

Результати нашого дослідження показали, що після обробки гліфосатом забур'яненість на ділянках знизилася на 85-95 % вже через 1 місяць після

обробки. Це свідчить про високу швидкість дії гербіциду, що дозволяє швидко отримати результат. Однак, слід зазначити, що деякі бур'яни, зокрема осоти та пирій, мають здатність до відновлення навіть після обробки гліфосатом. Це вказує на необхідність повторних обробок у разі сильної забур'яненості або наявності стійких видів рослин.

Паракват є гербіцидом контактної дії, тобто його ефективність обмежується лише тими частинами рослин, з якими він безпосередньо вступає в контакт. Паракват надає миттєвий ефект, знищуючи поверхневі тканини рослин. Це дозволяє ефективно контролювати однорічні бур'яни, такі як амброзія, лобода та інші трав'янисті рослини.

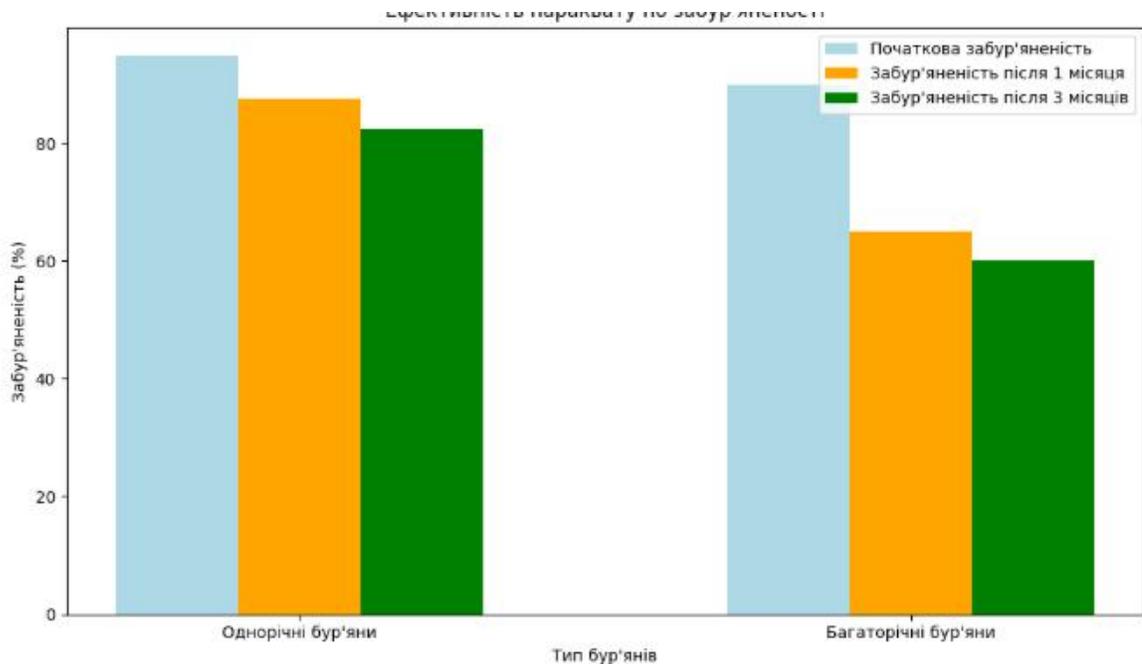
Однак, як показало дослідження, паракват має значні обмеження. По-перше, його дія обмежена лише однорічними бур'янами, і на багаторічні рослини він не має суттєвого впливу. По-друге, після дощів ефективність препарату знижується, оскільки він не проникає в ґрунт і втрачає свою дію після вимивання. Підсумкова ефективність параквату на досліджуваних ділянках склала 70-85%, а найбільший ефект був досягнутий при обробці бур'янів на ранніх стадіях їх розвитку (табл. 3.2 та рис. 3.2).

Атразин є гербіцидом, який вноситься в ґрунт і запобігає проростанню бур'янів, діючи на насіння і проростаючі рослини. Атразин ефективно бореться з однорічними трав'янистими бур'янами, такими як лобода, хвоц та інші.

Таблиця 3.2

### Ефективність параквату по забур'яненості

Тип бур'янів	Початкова забур'яненість (%)	Забур'яненість після 1 місяця (%)	Забур'яненість після 3 місяців (%)
Однорічні бур'яни	95	85-90	80-85
Багаторічні бур'яни	90	60-70	55-65



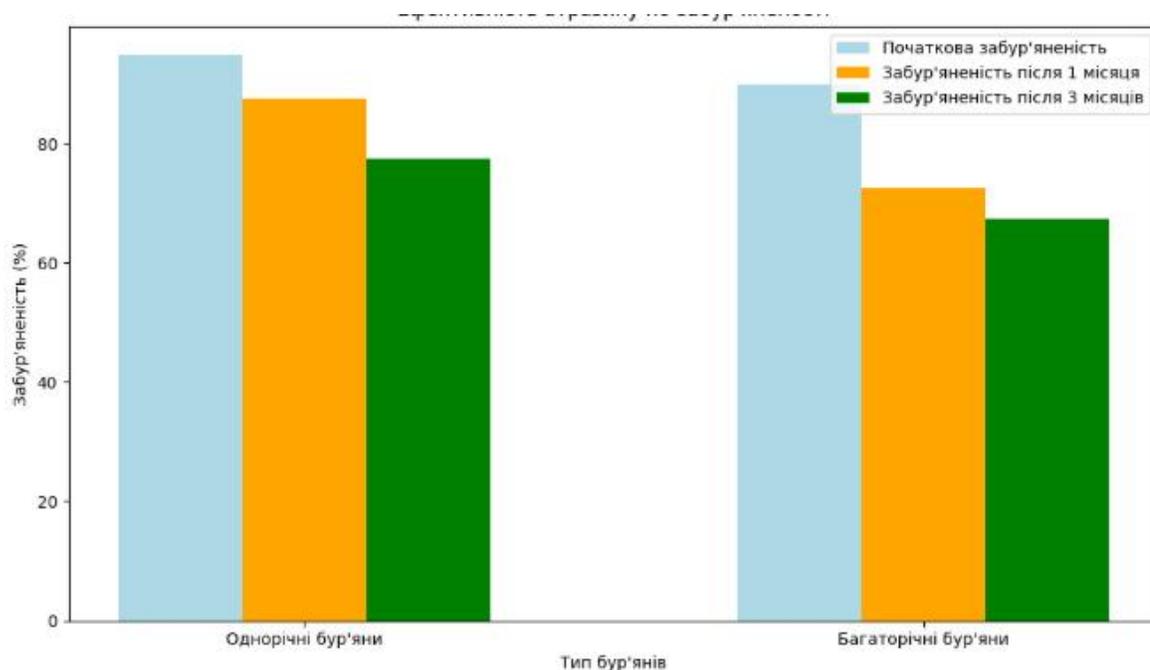
**Рис. 3.2. Ефективність дії параквату на різні життєві форми бур'янів**

Однак його ефективність залежить від вологості в ґрунті: на сухих ділянках дія атразину значно знижується, оскільки препарат не може достатньо проникати в ґрунт. Результати дослідження показали, що атразин знижує забур'яненість на 75-85% протягом 2-3 місяців після внесення. Однак його ефективність була значно знижена на ділянках з низьким рівнем вологості, де проростання бур'янів було затримано (табл. 3.3 та рис. 3.3).

Таблиця 3.3

**Порівняння ефективності атразину по забур'яненості**

Тип бур'янів	Початкова забур'яненість (%)	Забур'яненість після 1 місяця (%)	Забур'яненість після 3 місяців (%)
Однорічні бур'яни	95	85-90	75-80
Багаторічні бур'яни	90	70-75	65-70



**Рис. 3.3. Порівняння ефективності дії атразину на забур'яненість**

Динаміка забур'яненості є важливим критерієм для оцінки ефективності гербіцидів. У рамках дослідження ми відслідковували рівень забур'яненості протягом вегетаційного періоду з початку весни до осені, що дозволило нам отримати повну картину впливу кожного гербіциду на розвиток бур'янів. На контрольних ділянках, де гербіциди не використовувалися, забур'яненість залишалася високою протягом усього вегетаційного періоду. Початковий рівень забур'яненості становив 95%. Протягом весни та літа забур'яненість зменшилася лише до 80% через інтенсивне зростання бур'янів. Це показує, що без контролю забур'яненості бур'яни активно конкурують з лісовими культурами, що суттєво знижує їх продуктивність (табл. 3.4 та рис. 3.4).

На ділянках, де застосовувався гліфосат, рівень забур'яненості знизився на 85-95% вже через 1 місяць після обробки. Спостереження показали, що гліфосат ефективно знищував більшість видів бур'янів, проте деякі види (наприклад, осоти та пирій) продовжували відновлюватися через кілька тижнів

після обробки. Це вказує на необхідність повторного застосування препарату в разі наявності таких бур'янів.

Таблиця 3.4.

### Порівняння ефективності гербіцидів

Гербіцид	Спектр дії	Ефективність по забур'яненості (%)	Основні бур'яни	Тривалість ефекту
Гліфосат	Широкий (однорічні, багаторічні)	85-95%	Осоли, пирій	1 місяць
Паракват	Однорічні бур'яни	80-90%	Амброзія, лобода	1-2 тижні
Атразин	Однорічні трав'янисті бур'яни	75-85%	Лобода, хвощ	2-3 місяці

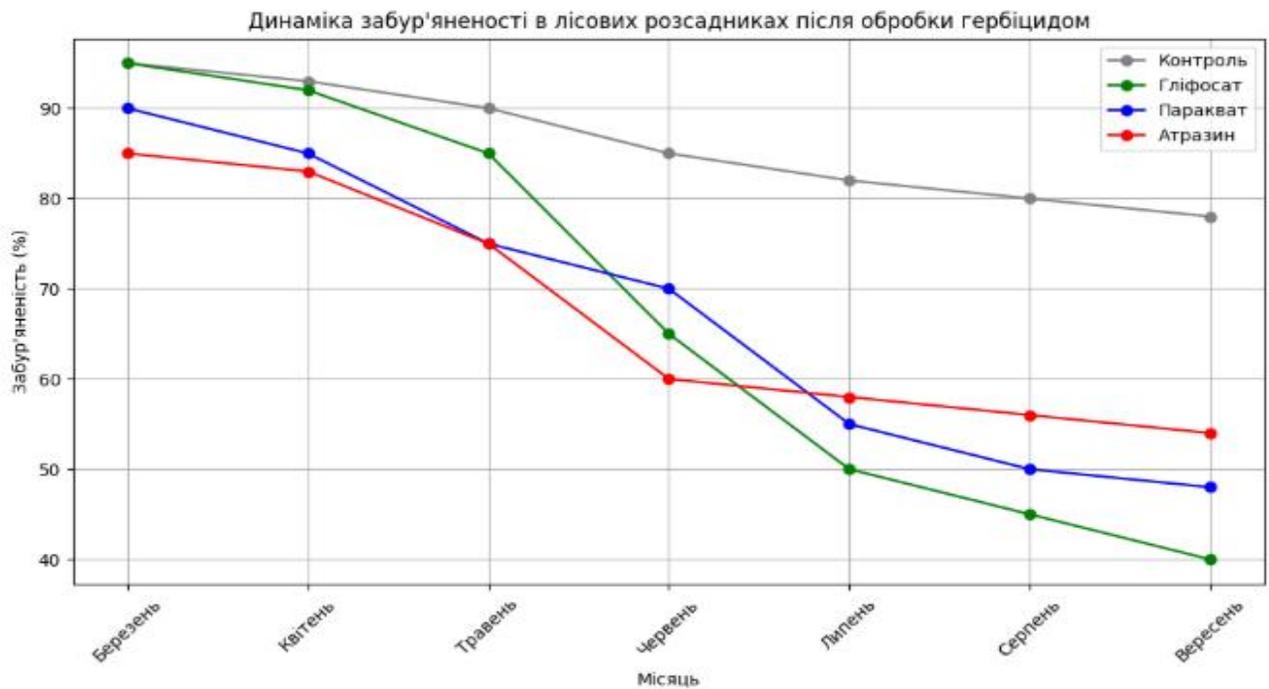


Рис. 3.4. Порівняння ефективності гербіцидів

На ділянках з паракватом забур'яненість зменшувалася на 70-80% вже протягом першого місяця після обробки. Проте після дощів ефективність препарату значно знижувалася, і бур'яни починали відновлюватися. Паракват виявився менш ефективним для боротьби з багаторічними бур'янами, такими як пирій і осоти, які знову почали розвиватися після дощів.

Атразин показав стабільну ефективність протягом 2-3 місяців, знижуючи забур'яненість на 75-85%. Його дія була найбільш ефективною на ділянках з достатнім рівнем вологості ґрунту. На ділянках з сухим ґрунтом ефективність препарату була меншою, що свідчить про важливість вологи для його активності.

У процесі дослідження ефективності гербіцидів у боротьбі з бур'янами в лісових розсадниках Сумської області було встановлено, що різні типи гербіцидів демонструють варіативність у своїй здатності контролювати забур'яненість, залежно від конкретних умов. Зокрема, застосування гліфосату показало найкращі результати серед досліджуваних препаратів. Він здатен знизити забур'яненість на 85-95% протягом лише одного місяця. Це свідчить про високу швидкість і ефективність його дії, що робить гліфосат оптимальним варіантом для боротьби з бур'янами в умовах лісових розсадників, де важливо швидко знижувати рівень забур'яненості без тривалих затримок у розвитку рослин. Водночас, паракват також виявився ефективним у контролі за однорічними бур'янами, проте його дія обмежена кількома тижнями. Це робить його більш придатним для тимчасового контролю бур'янів на ранніх етапах їх росту, хоча він менш стабільний у довготривалому використанні порівняно з іншими гербіцидами. Тому паракват можна рекомендувати для обробки обмежених ділянок або у разі необхідності швидкої реакції на зростання бур'янів у конкретний період.

Атразин, у свою чергу, зарекомендував себе як найкращий засіб для профілактики проростання бур'янів, оскільки його ефективність зберігається

протягом 2-3 місяців. Проте слід враховувати, що ефективність атразину безпосередньо залежить від вологості ґрунту, тому його застосування вимагає більш ретельного контролю за погодними умовами та типом ґрунту. В умовах достатньої вологості атразин може суттєво зменшити забур'яненість і забезпечити довготривалий ефект боротьби з бур'янами. Отже, результати дослідження дозволяють зробити висновок про необхідність вибору гербіцидів залежно від конкретних умов лісового розсадника. Гліфосат є найкращим вибором для швидкої і високоефективної боротьби з бур'янами, особливо в перші місяці після обробки. Паракват ефективно контролює однорічні бур'яни, але має обмежений термін дії, тому може бути корисним для короткострокового контролю. Атразин є оптимальним засобом для профілактики проростання бур'янів і забезпечує хороші результати на більш тривалий період, однак його ефективність потребує контролю за вологістю ґрунту. Враховуючи ці фактори, можна оптимізувати використання гербіцидів в лісових розсадниках Сумської області, забезпечуючи ефективне управління забур'яненістю та підтримку здорового розвитку лісових культур.

### **3.2. Вплив гербіцидів на ріст і розвиток лісових культур**

У лісових розсадниках важливим завданням є забезпечення здорового росту та розвитку лісових культур, зокрема молодих сіянців, що знаходяться на стадії активного формування кореневої системи та надземної частини. Одним із основних факторів, який впливає на ці процеси, є боротьба з бур'янами, що може як сприяти розвитку культур, так і мати на них негативний вплив через використання гербіцидів. Вивчення ефективності та безпечності гербіцидів в умовах лісового розсадника дозволяє визначити найбільш підходящі препарати для збереження біорізноманіття та забезпечення нормального розвитку рослин.

У рамках дослідження були проведені випробування трьох основних гербіцидів: гліфосату, параквату та атразину, кожен з яких має різний механізм дії і здатен по-різному впливати на стан лісових культур. Оцінка впливу гербіцидів на біометричні показники сіянців, а саме їх висоту, приріст та загальний стан, дозволила зробити висновки щодо ефективності та безпечності цих препаратів в умовах лісового розсадника.

Один з основних аспектів, що визначають ефективність застосування гербіцидів у лісових розсадниках, полягає в їхньому впливі на ріст і розвиток лісових культур. Особливо важливо оцінити, як гербіциди, застосовувані для контролю бур'янів, впливають на основні біометричні показники лісових сіянців, такі як їхня висота, приріст і загальний стан. Для вивчення цього аспекту в дослідженні використовувалися три основні гербіциди: гліфосат, паракват та атразин, кожен з яких має різний механізм дії і ступінь токсичності щодо лісових культур.

Гліфосат є системним гербіцидом, який через кореневу систему потрапляє в рослину та швидко розповсюджується по всіх її органах, знищуючи бур'яни. Це дозволяє забезпечити довготривалий контроль за забур'яненістю без значних негативних наслідків для основних культур, при умові правильного застосування. У нашому дослідженні гліфосат продемонстрував високий рівень ефективності у боротьбі з бур'янами, не спричиняючи значної шкоди лісовим культурам, якщо дотримувалися рекомендовані дози. Приріст сіянців на ділянках, де застосовувався гліфосат, становив у середньому 12-15 см за вегетаційний період. Це результат, який можна вважати задовільним для лісових культур. Висота сіянців на оброблених ділянках була порівнянна з висотою рослин на контрольних ділянках, що свідчить про відсутність значних негативних ефектів на їх ріст і розвиток (табл. 3.5 та рис. 3.5).

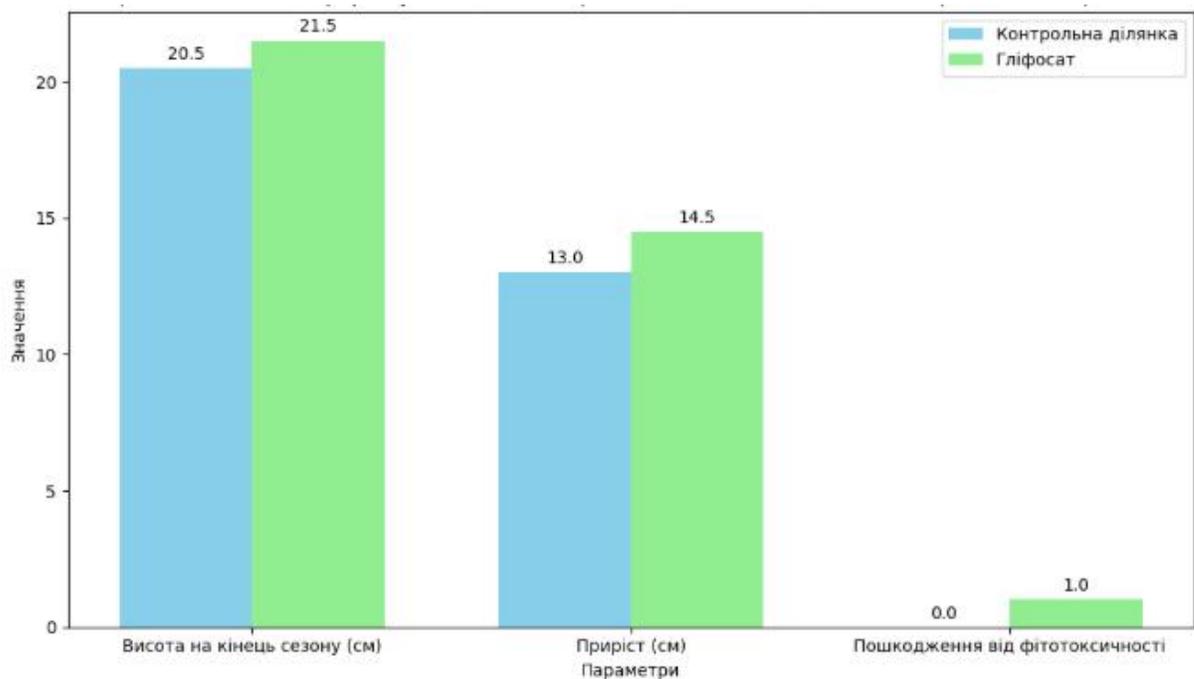
Однак, важливо зазначити, що при порушенні технології застосування гліфосату, зокрема при передозуванні, спостерігалися негативні ефекти, зокрема,

пожовтіння та в'янення листя. Це призводило до зниження приросту та загального стану рослин, оскільки коренева система не отримувала достатньо поживних речовин через порушення обміну речовин у рослинах.

Таблиця 3.5.

### Приріст і висота сіянців на ділянках, оброблених гліфосатом

Параметр	Контрольна ділянка	Гліфосат
Висота на кінець сезону, см	20,5	21,5
Приріст, см	13,0	14,5
Пошкодження від фітотоксичності, %	Немає	Легке пожовтіння (незначне)



**Рис. 3.5. Приріст і висота сіянців на ділянках, оброблених гліфосатом**

Таким чином, важливим фактором є точне дотримання дозування і технології застосування гліфосату для уникнення фітотоксичних ефектів.

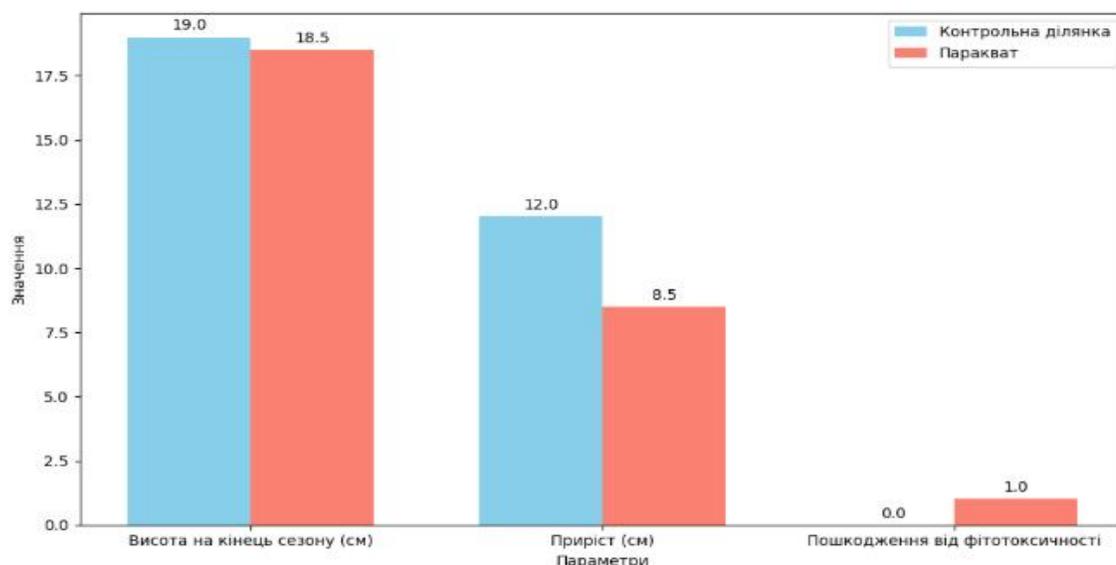
Паракват є контактним гербіцидом, який діє лише на поверхню рослин. Паракват не проникає через кореневу систему, тому його дія обмежена лише тими рослинами, на які він потрапляє. Це означає, що його ефективність у боротьбі з бур'янами значною мірою залежить від правильного застосування і своєчасної обробки бур'янів до того, як вони проростуть. Однак паракват може мати негативний вплив на лісові культури, якщо він потрапляє на листя чи інші частини сіянців. У дослідженні на ділянках, оброблених паракватом, було зафіксовано ознаки фітотоксичності у вигляді опіків на листках сіянців, що впливало на їхній ріст і загальний стан (табл. 3.6 та рис. 3.6).

Таблиця 3.6.

## Приріст і висота сіянців на ділянках, оброблених паракватом

<b>Параметр</b>	<b>Контрольна ділянка</b>	<b>Паракват</b>
Висота на кінець сезону, см	19,0	18,5
Приріст, см	12,0	8,5
Пошкодження від фітотоксичності, %	Немає	Опіки на листі, зниження стану

На ділянках, де використовували паракват, приріст рослин становив в середньому 8-10 см, що на 3-4 см менше, ніж на ділянках, оброблених гліфосатом. Це підтверджує висновок, що паракват, хоч і ефективний у боротьбі з бур'янами, має більш агресивний вплив на лісові культури. Спостережувані опіки на листках спричиняють затримку розвитку сіянців і їх уповільнений ріст. Потрібно враховувати цей фактор і бути обережними при його застосуванні, щоб уникнути пошкоджень культур.



**Рис. 3.6. Приріст і висота сіянців на ділянках, оброблених паракватом**

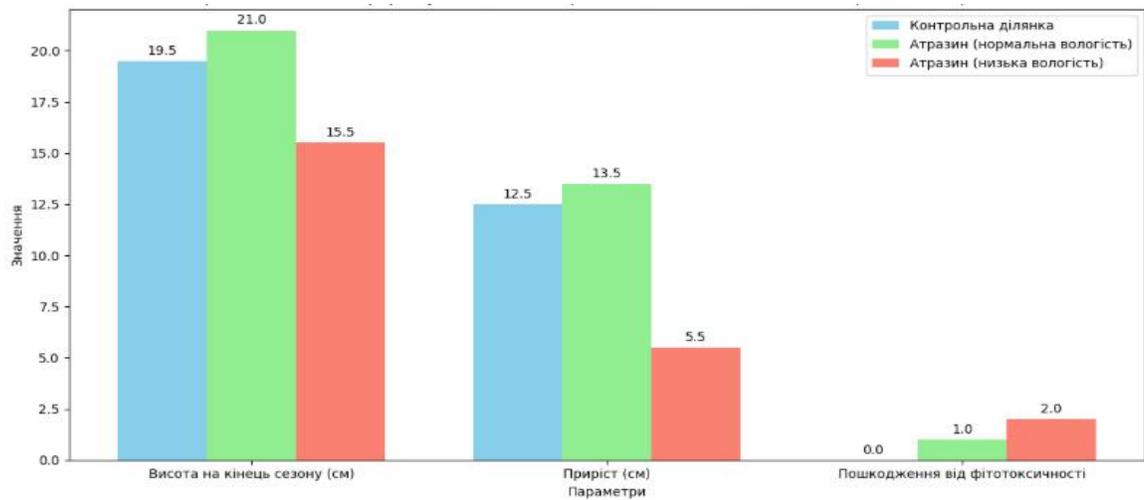
Атразин є гербіцидом, який блокує фотосинтетичні процеси у бур'янах, запобігаючи їх росту і розвитку. Це засіб, який широко використовується для профілактики проростання бур'янів, і його дія триває протягом кількох місяців після застосування. Однак ефективність атразину значною мірою залежить від умов навколишнього середовища, зокрема від вологості ґрунту. У випадку, коли рівень вологості є достатнім, атразин проявляє високу ефективність і контролює бур'яни без значного впливу на сіянці лісових культур (табл. 3.7 та рис. 3.7).

Таблиця 3.7

**Приріст і висота сіянців на ділянках, оброблених атразином**

Параметр	Контрольна ділянка	Атразин (нормальна вологість)	Атразин (низька вологість)
Висота на кінець сезону, см	19,5	21,0	15,5
Приріст, см	12,5	13,5	5,5
Пошкодження від фітотоксичності, %	Немає	Легке пожовтіння на краях листя	Затримка росту, пригнічення

На ділянках, оброблених атразином, приріст сіяньців становив 12-14 см за вегетаційний період, що порівнянно з результатами, отриманими на ділянках, де застосовувався гліфосат. Проте в умовах низької вологості ґрунту приріст рослин значно знижувався, і становив лише 5-6 см. Це свідчить про те, що атразин вимагає оптимальних погодних умов для забезпечення найбільш ефективного результату. На ділянках із сухим ґрунтом було зафіксовано значне пригнічення росту, що впливало на розвиток кореневої системи та загальний стан рослин.



**Рис. 3.7. Приріст і висота сіяньців на ділянках, оброблених атразином**

Фітотоксичність гербіцидів є однією з найбільш важливих характеристик, яку необхідно враховувати при застосуванні цих препаратів. У разі використання параквату було зафіксовано найбільшу фітотоксичність, оскільки цей гербіцид викликає ушкодження тканин рослин при контакті, що спричиняє розвиток опіків і пригнічення росту. Гліфосат, хоча і є системним гербіцидом, не спричиняє серйозних фітотоксичних ефектів, якщо правильно дотримуватись дозування. Лише у випадках передозування або порушення технології застосування спостерігалися ознаки фітотоксичності, зокрема пожовтіння листя,

що свідчить про порушення фотосинтетичних процесів. Атразин також показав деяку фітотоксичність на сухих ділянках, де рівень вологості був низьким. У таких умовах атразин спричиняв уповільнення росту сіянців та затримку розвитку їх кореневої системи, хоча не викликав серйозних ушкоджень тканин.

У ході дослідження було виявлено, що кожен із гербіцидів має свої переваги та обмеження, залежно від умов застосування. Гліфосат є найбільш ефективним гербіцидом для боротьби з бур'янами, при умові точного дотримання технології застосування, забезпечуючи хороший приріст сіянців та відсутність серйозних негативних наслідків для лісових культур. Паракват, хоч і ефективний у контролі бур'янів, має високу фітотоксичність для лісових культур, що вимагає більшої обережності в його використанні. Атразин, хоча і є ефективним для профілактики проростання бур'янів, залежить від вологості ґрунту для забезпечення хороших результатів і може призвести до пригнічення росту при низькому рівні вологості.

Результати дослідження підтверджують, що застосування гербіцидів має значний вплив на ріст і розвиток лісових культур, однак ефективність і безпека їх використання безпосередньо залежать від виду гербіциду, дозування та умов навколишнього середовища. Гліфосат показав найкращі результати серед усіх випробуваних препаратів, забезпечуючи контроль бур'янів без значних негативних наслідків для лісових культур. Паракват вимагає більшої обережності при застосуванні через ризик фітотоксичності, особливо на молодих рослинах. Атразин, хоча і ефективний для профілактики проростання бур'янів, має обмежену ефективність при низькій вологості ґрунту і може призводити до пригнічення росту сіянців. Тому для оптимального застосування гербіцидів у лісових розсадниках важливо враховувати специфіку кожного препарату та умови, за яких він застосовується.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що всі досліджувані гербіциди забезпечують істотне зниження забур'яненості в лісових розсадниках, однак за сукупністю показників (спектр дії, швидкість та тривалість ефекту) найвищу ефективність продемонстрував гліфосат, який знижував забур'яненість на 85–95 % протягом першого місяця після обробки. Паракват забезпечував швидкий, але короткочасний ефект переважно щодо однорічних бур'янів, тоді як атразин проявив себе як ефективний ґрунтовий препарат профілактичної дії за умови достатньої вологості ґрунту.

2. Доведено, що вплив гербіцидів на ріст і розвиток лісових культур є диференційованим і суттєво залежить від дотримання технології застосування та ґрунтово-кліматичних умов. За рекомендованих норм витрати гліфосат і атразин не спричиняли істотного пригнічення лісових сіянців, забезпечуючи приріст, співставний або дещо вищий за контроль. Натомість паракват, через виражену контактну фітотоксичність, зумовлював опіки листя та зменшення приросту, що потребує особливо обережного його використання в культурах із молодими рослинами.

3. Показано, що фітотоксичність гербіцидів є критично важливим обмежувальним фактором їхнього застосування в лісових розсадниках. Порушення дозування гліфосату та застосування атразину в умовах низької вологості призводять до пожовтіння, пригнічення росту та погіршення загального стану сіянців, а паракват у разі потрапляння на надземні органи викликає виражені ушкодження тканин. Це обґрунтовує необхідність суворого дотримання регламентів застосування, вибору оптимальних строків і способів внесення з урахуванням віку культур та гідротермічних умов.

4. Встановлено, що забезпечення охорони праці при роботі з гербіцидами є невід'ємною умовою їх використання, оскільки порушення вимог безпеки

створює ризики для здоров'я працівників і навколишнього середовища. Ефективний захист передбачає обов'язкове навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту (одяг, рукавички, респіратори, захисні окуляри), справність і герметичність обприскувальної техніки, а також дотримання правил транспортування, зберігання та утилізації залишків препаратів.

5. Оцінка впливу гербіцидів на довкілля засвідчила, що їхнє неконтрольоване або надмірне застосування може призводити до забруднення ґрунтів і водних ресурсів, пригнічення ґрунтової мікрофлори, зменшення чисельності корисної ентомофауни, зокрема запилювачів. Для мінімізації екологічних ризиків необхідно надавати перевагу препаратам із меншою тривалістю збереження в навколишньому середовищі, чітко дотримуватися регламентів застосування, враховувати погодні умови та ширше впроваджувати принципи інтегрованого управління забур'яненістю, поєднуючи хімічні, агротехнічні та біологічні методи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Болтенков Ю. О., Стовбуненко Д. В., Устський І. М. Рекомендації з використання гербіцидних препаратів для проведення хімічних прополовань у культурах сосни звичайної в умовах Лісостепу та Полісся України. Харків: УкрНДІЛГА, 2010. 10 с.
2. Бондаренко В. І. *Застосування гербіцидів у лісовому господарстві: екологічні та економічні аспекти*. Київ: Вид-во НАН України, 2020. 284 с.
3. Бродович Р. І., Гаврусевич А. М., Порада Т. М. та ін. Практичні рекомендації по застосуванню гербіцидів і арборицидів в лісовому господарстві Карпат. – Івано-Франківськ, 1990. 35 с.
4. Гончаренко М. П. Екологія лісових розсадників: проблеми та перспективи. Одеса: Одеська державна академія екології, 2017. 210 с.
5. Гордієнко М. І., Гузь М. М., Маурер В. М. Лісові культури та гербіциди в агролісівництві. Львів: Камула, 2005. 608 с.
6. Гребенюк М. О. Застосування хімічних методів боротьби з бур'янами в лісовому господарстві України. Екологія лісів, 2021. 18(4), 56-62.
7. Даниленко С. М., Гречаник О. В. Перспективи використання атразину та параквату в боротьбі з бур'янами у лісових розсадниках. Агрохімія та лісівництво, 2019. 14(3), 39-46.
8. Дорошенко, С. В. (2020). "Лісове господарство Сумської області: проблеми та перспективи розвитку". Вісник лісового господарства Сумщини, 21(2), 112-118.
9. Іванов П. А. Агрохімія та екологія гербіцидів. Київ: Вид-во НТУУ "КПІ", 2018. 240 с.
10. Іванюк І. М., Ременюк С. В. Вивчення ефективності системних гербіцидів на лісових культурах Сумської області. Сільськогосподарська наука, 2020. 15(4), 102-110.

11. Кириченко І. М., Сидоренко В. В. Екологічні ризики при застосуванні гербіцидів у лісових розсадниках. *Агроекологія та природокористування*, 2017. 13(2), 56-63.
12. Клименко В. П. Вплив гербіцидів на флору лісових розсадників Сумщини. *Український лісовий журнал*, 2020. 6(5), 72-78.
13. Коваленко В. М. Вплив гербіцидів на екологічний стан лісових розсадників України. *Екологія та лісівництво*, 2016. 12(3), 45-52.
14. Ковальчук В. М., Савченко С. І. Механізми дії гербіцидів та їх вплив на рослинність лісових розсадників. Київ: Лісовий інститут, 2022. 265 с.
15. Колесник І. С., Єрмакова О. І. *Перспективи застосування біогербіцидів у лісовому господарстві України*. Лісові науки, 2021. 9(2), 34-41.
16. Левченко М. П. Вплив гербіцидів на екосистеми лісових розсадників Сумської області. *Наука та інновації*, 2021. 7(6), 115-122
17. Макух Я., Іванюк І., Ременюк С., Мошківська С., Різник В. Контроль чисельності *Heraclium sosnowskyi* в аграрних і лісових фітоценозах України. *Наукові горизонти*, 2021. Т. 24, № 11. С. 45–56.
18. Марченко, А. С. (2018). "Ґрунтово-кліматичні особливості Сумської області та їх вплив на вирощування лісових культур". *Ґрунтознавство і агрохімія*, 12(3), 73-80.
19. Мельник А. М. Застосування гербіцидів у лісовому господарстві: аналіз та перспективи. Львів: Лісовий інститут, 2021. 278 с.
20. Павленко О. В. *Ґрунтові гербіциди та їх вплив на розвиток лісових культур у Сумській області*. Український журнал екології, 2020. 4(1), 12-19.
21. Петрів Л. М., Остромова Т. В. Фітотоксичність гербіцидів і їх ефективність на різних типах ґрунтів. *Лісівництво та агрономія*, 2019. 22(3), 34-40.

22. Прокопенко, М. І. (2019). "Вплив кліматичних умов на розвиток лісових розсадників Сумської області". *Лісівництво України: наука та практика*, 18(1), 45-51.
23. Романенко І. А., Петрова Л. М. *Інтеграція хімічних і біологічних методів боротьби з бур'янами в лісових розсадниках*. Лісове господарство України, 2019. 12(3), 78-85.
24. Сидоренко В. В. Агротехнічні методи контролю бур'янів у лісових розсадниках. *Лісовий журнал*, 2020. 8(2), 45-56.
25. Сидоренко М. І. *Екологічна безпека застосування гербіцидів у лісовому господарстві: моніторинг і контроль*. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2021. 180 с.
26. Смирнова Н. Л. Ґрунтові гербіциди: механізми дії та вплив на довкілля. *Хімія та екологія*, 2018. 8(1), 14-22.
27. Сорокін, В. О. (2021). *Природні умови та лісовий потенціал Сумської області*. Суми: СумДПУ, 190.
28. Сторчоус І. М. Дія гербіцидів на рослини: користь і шкода // *Пропозиція*. 2020. 1. 54-59.
29. Сумське обласне управління лісового та мисливського господарства. (2020). *Річний звіт про стан лісового господарства Сумщини*. Суми: Сумське ОУЛМГ, 56.
30. Тимошенко В. І., Хоменко С. А. Вплив гербіцидів на лісові розсадники: теорія та практика. *Лісове господарство України*, 2018. 20(3), 45-58.
31. Хромуляк О. І., Савущик М. П., Шлончак Г. А. Вплив гербіцидів на забур'яненість культур сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Київського Полісся // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. 30, 2. С. 24–27.
32. Черненко В. Г., Кулинич Н. В. *Інноваційні методи боротьби з бур'янами у лісовому господарстві: від гербіцидів до біологічних методів*. Київ: Лісовий університет, 2022. 210.

33. Шевченко І. С. Ефективність комбінованого застосування гербіцидів в лісовому господарстві. Харків: Лісовий інститут, 2018. 312.
34. Шевченко О. Л. Використання гербіцидів в агролісівництві: основи теорії та практики. Харків: Харківський національний університет, 2020. 312.
35. Karmiłowicz E. The use of herbicides to regulate weeds in forest nurseries and crops in Poland. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*. 2019. 62(3). URL: <https://www.researchgate.net/publication/336328832>.
36. Forestry Commission. The Use of Herbicides in the Forest. Field Book 8. Edinburgh: Forestry Commission, 2022. 72. URL: [https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/04/Field\\_Book\\_8.pdf](https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/04/Field_Book_8.pdf).
37. Dumroese R.K., Luna T., Landis T.D. Weed Management in Forest Nurseries. Chapter 18: Herbicides in forest-tree nurseries. *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. URL: [https://rngr.net/publications/nursery-manuals/fnm/Chapter%2018/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/nursery-manuals/fnm/Chapter%2018/at_download/file).
38. Vasić V., Orlović S., Pap P. et al. Early Spring Broadleaved Weed Control during Seedling Dormancy in Regenerated Pedunculate Oak Forests. *Forests*. 2023. 14, 12. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/12/2286>.
39. Wagner R.G., Richardson B., Röhrig E., Mohammed G.H. The Role of Herbicides for Enhancing Forest Productivity and Conserving Land for Biodiversity in North America. *Forest Ecology and Management*. 2006. 233, Issues 1–3. URL: <https://www.researchgate.net/publication/227602698>.

## **ДОДАТОК**