

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально-науковий інститут екології  
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

на тему

### **ВИКОРИСТАННЯ МІКРОГРІНУ ПРИ СТВОРЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-41  
спеціальності : 101 «Екологія»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора \_\_\_\_\_ / Михайло МОСКВІТІН  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ / Іветта КРИВИЦЬКА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

*«До захисту допущено»*

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ / проф. Алла НЕКОС  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ / Марина ЩОКІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ / Світлана БУРЧЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік



3. Надати характеристику та визначити основні принципи оптимального розташування виробництв, пов'язаних з вирощуванням мікрогрину при створенні екологічної складової міського середовища на прикладі м. Харкова.
4. Описати методи розрахунків екологічної доцільності вирощування мікрогрину у міському середовищі.

#### План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Ознайомлення з темою кваліфікаційної роботи, опрацювання літературних джерел та пошук необхідних матеріалів. 09.05.2023
2	Огляд та аналіз даних про комплекси вирощування та використання мікрогрину у якості частини раціонального харчування 24.06.2023
3	Визначити основні принципи оптимального розташування виробництв, необхідних для реалізації мікрівиробництв мікрогрину, при створенні екологічної складової міського середовища на прикладі м. Харків 01.03.2024
4	Формулювання висновків щодо потенційного використання мікрогрину як частину екологічної складової міського середовища на основі узагальнення результатів відповідно до завдань дослідження. Оформлення роботи 18.04.2024

5. Дата видачі завдання 08.05.2023 р.

Студент Михайло МОСКВІТІН  
підпис ім'я і прізвище

Керівник роботи доц. Іветта КРИВИЦЬКА  
підпис посада, ім'я і прізвище

## АНОТАЦІЯ

### ВИКОРИСТАННЯ МІКРОГРІНУ ПРИ СТВОРЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Кваліфікаційна робота «Використання мікрогрину при створенні екологічної складової міського середовища» містить 39 сторінок, 3 розділи, 8 таблиць, 5 рисунків, 2 формули та 35 використаних джерел.

Робота присвячена розробці екологічно орієнтованої системи маленьких виробництв мікрогрину, на прикладі м. Харків. Вона має на меті зменшення викидів CO<sub>2</sub> шляхом забезпечення локального виробництва та логістичної доступності продукції. Для цього будуть використані розглянуті екоцентричні концепції, зокрема й концепція «city-farm».

*Мета роботи:* визначення потенціалу мікрогрину у створенні екологічної складової міського середовища та визначення ефективності його впровадження.

*Об'єкт дослідження:* мікрогрін.

*Предмет дослідження:* використання мікрогрину при створенні екологічної складової міського середовища.

*Методи дослідження:* аналіз літературних та інтернет джерел інформації, опис, узагальнення, порівняння, розрахунки на основі доступної інформації в джерелах.

*Результати:* створено модель та визначено матеріали, технології та методи виробництва мікрогрину відповідно екологічних концепцій. Розраховано необхідні посівні площі для отримання насінневого матеріалу, яке б забезпечило населення міста Харків фактично розрахованій кількості мікрогрину на цілий рік.

МІКРОЗЕЛЕНЬ, МІКРОГРІН, ХАРКІВ, МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ, CITY-FARM, СТАЛИЙ РОЗВИТОК, РАЦІОНАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ, ПОСІВНИЙ МАТЕРІАЛ, ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД

## ANNOTATION

### **THE USE OF MICROGREEN IN CREATING AN ECOLOGICAL COMPONENT OF THE URBAN ENVIRONMENT**

Qualification work “The use of microgreen in the creation of the ecological component of the urban environment” contains 39 pages, 3 chapters, 8 tables, 5 figures, 2 formulas, 35 used sources.

The work is dedicated to the development of an environmentally oriented system of small-scale microgreen productions, using the example of Kharkiv. Its goal is to reduce CO<sub>2</sub> emissions by ensuring local production and logistical accessibility of the product. For this purpose, eco-centric concepts, including the "city-farm" concept, will be utilized.

*The purpose of the work:* to determine the potential of microgreen in creating the ecological component of the urban environment and to determine the effectiveness of its implementation.

*The object of the research:* microgreen

*The subject* of the research: the use of microgreen in creating the ecological component of the urban environment.

*Research methods:* analysis of literary and Internet sources of information, description, generalisation, comparison, calculations based on available information in the sources.

*Results:* a model has been created and materials, technologies, and methods for microgreen production have been determined in accordance with ecological concepts. The necessary sowing areas to obtain seed material have been calculated to ensure that the population of the city of Kharkiv is provided with the calculated amount of microgreens for the entire year.

MICROGREEN, KHARKIV, URBAN ENVIRONMENT, CITY-FARM, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, RATIONAL NUTRITION, SEED, CARBON FOOTPRINT

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ЕКОЛОГІЧНИМ ПЛАНУВАННЯМ МІСТ ТА ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОГРІНУ .....	8
1.1. Аналітичний огляд літератури.....	8
1.2. Концепції екологічного планування міст.....	9
1.3. Дослідження та реалізація проєктів "city farm" та їх вплив на екологічне планування міського середовища.....	11
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОГРІНУ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ.....	13
2.1. Субстрат.....	14
2.2. Джерело світла.....	15
2.3. Вода.....	15
2.4. Пакування.....	17
2.5. Посівний матеріал.....	18
2.6. Вибір рослинної культури.....	20
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЬ СУМІЖНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА РОЗРАХУНОК ПОСІВНИХ ПЛОЩ.....	22
3.1. Оцінка впливу виробництва на навколишнє середовище та умови життя міських жителів.....	22
3.2. Розрахування посівних площ.....	25
ВИСНОВКИ.....	33
Список літературних джерел.....	35

## ВСТУП

*Актуальність дослідження.* Де знайти доступні та свіжі овочі та зелень, які так необхідні для функціонування людського організму – постійне питання у містян. Паралельно з цим триває екстенсивне агровиробництво, нескінченні логістичні шляхи обумовлюють величезні викиди парникових газів, використання пестицидів несе загрозу не лише навколишньому середовищу, а й людям, які споживають сільгосп продукти. Для визначення шляхів екологізації споживчих потреб у містах розглянемо виробництво мікрогріну.

*Мета роботи:* визначення потенціалу мікрогріну у створенні екологічної складової міського середовища та визначення ефективності його впровадження.

*Об'єкт дослідження:* процеси та методи створення екологічно стійких середовищ.

*Предмет дослідження:* використання мікрогріну при створенні екологічної складової міського середовища.

*Поставлене завдання:*

1. Зробити огляд сучасних зарубіжних концепцій щодо екологічного проектування міського середовища.
2. Розглянути стан вивчення питання щодо вирощування мікрогріну в якості частини раціонального харчування;
3. Надати характеристику та визначити основні принципи оптимального розташування суміжних з вирощуванням мікрогріну виробництв при створенні екологічної складової міського середовища на прикладі м. Харкова.
4. Описати методи розрахунків екологічної доцільності вирощування мікрогріну у міському середовищі.

*Методи дослідження:* синтез та аналіз літературних і інтернет наукових джерел інформації, опис, узагальнення, порівняння.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ЕКОЛОГІЧНИМ ПЛАНУВАННЯМ МІСТ ТА ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОГРІНУ

### 1.1. Аналітичний огляд літератури

Мікрозелень (мікрогрін) – це молода (час дозрівання 7-21 діб), незріла рослина, яка вирощується на гідропонічних або субстратних системах і має високу харчову цінність та концентрацію поживних речовин. Цей вид продукції набуває все більшої популярності як одне з найефективніших рішень для забезпечення населення здоровою та поживною їжею. У ході аналізу були виявлені різноманітні дослідження, що зосереджуються на таких аспектах, як екологічне проектування міського середовища, створення децентралізованих виробництв та екологічне вирощування органічної продукції. Наприклад, згідно з дослідженнями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 54% населення світу проживає у міських районах [1], що ставить перед ними виклики щодо якості навколишнього середовища та доступу до свіжої та здорової харчової продукції [2].

Значна кількість наукових досліджень займається проблемами екологічного планування міст. Наприклад, згідно з дослідженням, проведеним університетом Кембриджу, більша кількість зелених зон та природних ландшафтів у міському середовищі пов'язана з покращенням якості повітря, зменшенням ризику виникнення хронічних захворювань та покращенням фізичного та психічного здоров'я мешканців [3].

Окрім того, з досліджень випливає, що ефективно екологічне проектування міського середовища може сприяти сталому розвитку міста. Згідно з дослідженням Європейського середовищного агентства, реалізація екологічних проєктів у містах може призвести до зменшення

енергоспоживання на 25%, використання вторинних матеріалів на 20% та забезпечення стійкого водопостачання та поводження зі стічними водами [4].

Одним з основних викликів екологічного проєктування міського середовища є забезпечення доступу до здорової харчової продукції та покращення харчової безпеки [5]. Згідно з дослідженням, населення України шукає можливості забезпечення себе свіжими овочами та зеленню [6], що має велике значення для збереження здоров'я та підвищення якості харчування [7]. Отже, аналіз літератури вказує на актуальність екологічного проєктування міського середовища у місті Харків. Це обґрунтовується потребою у створенні сталого та екологічно чистого середовища, реалізацією екологічних концепцій, покращенням якості життя мешканців, забезпеченням доступу до здорової харчової продукції та досягненням сталого розвитку міста [8]. Приклади успішно реалізованих проєктів підтверджують ефективність таких підходів та їхню значущість у контексті сучасних міських викликів.

## 1.2. Концепції екологічного планування міст

Екологічне планування міст базується на різних концепціях, які спрямовані на досягнення сталого розвитку та покращення якості життя мешканців [9]. Розглянемо деякі з них:

Концепція "Зеленого міста" (Green City) покликана створити екологічно сталий та збалансований розвиток міста, де природні елементи та інфраструктура поєднуються для забезпечення високої якості життя мешканців.

Основні принципи [10] "Зеленого міста" включають:

- Збереження та використання природних ресурсів: стале використання земель, збереження водних ресурсів, енергоефективність та використання відновлювальних джерел енергії.

- Збалансоване планування: раціональне використання території, забезпечення доступності громадського транспорту, створення зручної інфраструктури для пішоходів та велосипедистів.
- Зелені насадження та ландшафт: створення парків, садів, скверів, зелених дахів та фасадів будівель, що сприяють покращенню естетики міста, очищенню повітря та збільшенню біорізноманіття.
- Екологічна інфраструктура: включення водних та природних систем у планування міста, створення зелених коридорів, озер, річок та екологічних парків.
- Участь громадськості: залучення мешканців міста до прийняття рішень з планування та розвитку, спільного управління громадськими просторами та природними ресурсами.

Концепція "Смарт-сіті" (Smart City) базується на використанні інформаційно-комунікаційних технологій для покращення якості життя мешканців та ефективного управління містом, особливо якщо його населення зростає [11]. Вона передбачає впровадження інноваційних рішень у таких сферах, як енергоефективність, управління транспортом, водопостачання, відходами та іншими аспектами міського життя.

Концепція "Людського міста" (Human City): ця концепція акцентує на потребах та добробуту мешканців міста. Вона передбачає створення комфортного та безпечного середовища, доступ до освіти, охорони здоров'я та культурних закладів, сприяння соціальній інклюзії та розвитку громадського простору для взаємодії та відпочинку.

Концепція "Компактного міста" (Compact City): ця концепція спрямована на ефективне використання території міста та зменшення впливу на природне середовище. Вона передбачає густе забудовування, розвиток громадського транспорту, стимулювання активного способу життя та зменшення залежності від автомобілів [12].

Проекти "city farm", або міські ферми, є одним із прикладів комплексної реалізації концепцій екологічного планування міст. Ці проекти мають на меті створення сталого та екологічно чистого середовища у міських районах, де мешканці мають можливість вирощувати свою їжу, отримувати рекреаційні послуги та зближуватись з природою.

### 1.3. Дослідження та реалізація проектів "city farm" та їх вплив на екологічне планування міського середовища.

Одним з відомих прикладів "city farm" є проєкт "Brooklyn Grange" [13] у Нью-Йорку, США. Цей проєкт втілює ідею використання покритих майданчиків, дахів будівель, для вирощування органічних овочів та зелені. "Brooklyn Grange" займає близько 2.5 акра (приблизно 10 117 квадратних метрів) покритих дахів, де вирощуються понад 50 видів рослин. Цей проєкт став прикладом використання вільного простору міста для розвитку сільського господарства, зниження викидів CO<sub>2</sub> та покращення якості повітря в місті.

Ще одним цікавим прикладом є проєкт "Growing Underground" у Лондоні, Великобританія [14]. Цей проєкт використовує підземні простори колишнього бомбосховища для вирощування мікрогрину. Завдяки спеціальним LED-освітлювальним системам [15] та гідропонічному методу вирощування рослин, "Growing Underground" забезпечує річний врожай свіжих трав та зелені. Цей проєкт не тільки використовує невикористані простори міста, але й допомагає зменшити необхідність у транспортуванні продуктів з віддалених сільських районів, що сприяє зниженню викидів CO<sub>2</sub> та збереженню енергії.

Міське фермерство стикається з різними викликами та проблемами при їхній реалізації. Однією з них є відсутність відповідного простору у містах для вирощування рослин [16]. Відчутний дефіцит земельних ділянок в міських районах може ускладнювати впровадження таких проєктів. Тому

використання покритих майданчиків, дахів будівель або підземних просторів стає частою альтернативою для міського агровиробництва.

Крім того, фінансові та юридичні питання також відіграють важливу роль у реалізації проєктів "city farm" [17]. Отримання фінансування для впровадження та підтримки таких проєктів може бути складним завданням. Крім того, необхідність врахування регуляторного середовища та відповідності законодавству стосовно землекористування та продовольчої безпеки може становити виклик для реалізації цих проєктів [17].

Міські ферми втілюють основні концепції екологічного планування міського середовища, такі як стале використання ресурсів, збереження біорізноманіття, зниження викидів шкідливих речовин та покращення якості повітря [18]. Вони демонструють, що використання вільного простору міста та інноваційних підходів до сільського господарства може мати значний вплив на сталість та життєздатність міського середовища [19].

Впровадження таких концепцій є вкрай важливим для досягнення більш сталого та екологічно збалансованого майбутнього. Застосування мікрогріну у проєктах "city farm" дозволить отримати значну продуктивність на обмеженій площі, адже вирощування мікрогріну займає відносно невеликий проміжок часу – від 7 до 21 дня залежно від типу рослини. Це означає, що на одній площі можна вирощувати багато партій мікрогріну, отримуючи постійне постачання свіжих зелених рослин. Це сприятиме зниженню негативного впливу міст на навколишнє середовище величезним споживчим попитом, забезпечить доступ до свіжих та безпечних харчових продуктів для мешканців та сприятиме формуванню більш здорового та збалансованого способу життя.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОГРІНУ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ.

Для досягнення поставленої мети, буде використано емпіричний метод діагностичного аналізу. У даному розділі розроблено основні критерії для методів та технологій вирощування мікрогрину з урахуванням розглянутих концепцій та екологічних проєктів. За основу будуть взяті вищезгадані приклади реалізації концепції сталого розвитку та екологічного проєктування міського середовища. Серед них варто відзначити концепцію «city farming» або міського фермерства, яка передбачає вирощування продукції прямо у міському середовищі, наближаючи її до споживачів. Також, будуть враховані принципи пермакультури, які сприяють екологічно ефективному використанню ресурсів та максимальній продуктивності системи.

Концептуально важливим є логістична доступність та якість насіння, використовуюваного для вирощування мікрогрину. Тобто, насіння має відповідати базовим принципам безпечного виробництва, має бути виготовлене у межах агломерації або поряд з нею для зменшення потреб у логістиці, а й відповідно зменшенню вуглецевого сліду.

Оптимальне розташування мікровиробництв має на меті забезпечити дешевизну і доступність поживної та безпечної продукції якомога більшій кількості населення міста Харків. Це передбачає розміщення виробництва у вигідних локаціях, які забезпечують ефективне доставлення та доступ до продукції для місцевих споживачів, а також розміщення суміжних з сіті-фермою виробництв. Тому відповідно екологічних концепцій розглянемо окремі складові технології вирощування мікрогрину.

## 2.1. Субстрат.

Загалом методи вирощування поділяються на два види – субстратне чи гідропонічне (на воді, без субстрату). Оскільки для мікрогрину не треба багато води та поживних речовин з ґрунту, то можна обмежитись «пустими» субстратами, які:

- по-перше – будуть стабільно втримувати вологу;
- по-друге – будуть достатньо щільні для того, щоб коріння рослини могло за нього вчепитись;
- по-третє – він має бути дешевим і має відповідати принципам пермакультури та сталого розвитку, а й одже доступним у місцевого виробника.

Матеріали виробництва субстрату поділяють на органічні та неорганічні. Неорганічний субстрат, такий як мінеральна вата, гідрогель, агроперліт не можна компостувати, тоді як матеріали органічного походження компостуються. Варто зазначити, що вторинне використання будь-якого субстрату неможливе з огляду на те, що часточки коріння рослин залишаються всередині субстрату після споживання мікрозелені. Тому перейдемо до органічних матеріалів для субстрату. З доступних на українському ринку можна виокремити кілька таких: «килимки» з лляних фібр, з конопляних фібр, джутове полотно, тканинні субстрати, кокосові субстрати. З огляду на те, що для отримання кокосового та джутового субстрату його необхідно транспортувати з інших регіонів планети, а тканинні матеріали дорогі та не втримують достатньо води, то варто зупинитись на лляних та конопляних «килимках». На відміну від лляних килимків, конопляні є вторинним продуктом текстильного виробництва. Дослідження щодо вирощування конопель зазначають, що їх культивування є більш вуглецево-негативна для довкілля, іноді навіть за ліси [20]. Це значить, що поглинання CO<sub>2</sub> на одиницю площі культури конопель більша за поглинання CO<sub>2</sub> листяних лісів [21].

Таким чином використання килимків з конопляних фібр у якості субстрату може підтримати сталість виробництва технічних конопель та зменшить кількість відходів від процесу виготовлення текстилю.

## 2.2. Джерело світла.

Вирощування мікрозелені вимагає відповідного джерела світла. Існує кілька варіантів освітлення: природне світло, світлодіоди (LED) і лампи розжарювання. LED освітлення виділяється як найбільш енергоефективний та економний. Світлодіоди виробляють мінімальне тепло, забезпечуючи безпечну близькість до рослин без ризику перегріву. Крім того, світлодіоди можуть випромінювати певні діапазони довжин хвиль, оптимізовані для процесів фотосинтезу. Одже тепер можна виокремити такі переваги світлодіодних ламп:

- Ці лампи споживають значно менше електроенергії порівняно зі старомодними лампами розжарювання. Це допомагає значно скоротити витрати;
- LED-освітлення може продовжувати світити тривалий час, перш ніж потребуватиме заміни. Програмне та технічне забезпечення дозволяє налаштовувати яскравість світлодіодів і колірний спектр, що ідеально підходить для оптимізації умов росту мікрозелені;
- На відміну від гарячих традиційних ламп розжарювання, світлодіоди випромінюють мінімальне тепло, захищаючи рослини від опіків або пошкоджень.

## 2.3. Вода.

Відфільтрована вода є ключовою для створення безпечної до споживання мікрозелені. Використання чистої, безпечної води є необхідністю.

Фільтрована вода може захистити рослини від шкідливих забруднювачів з системи водопостачання. Фільтри для води видаляють хлор, важкі метали та інші домішки. Обираючи систему фільтрації води, слід врахувати наступні аспекти:

- Тип фільтра – для оптимізації якості водопровідної води для вирощування мікрогрину можуть підійти фільтри на активованому вугіллі, фізичні фільтри, фільтри зворотного осмосу або ж комплекс цих фільтрів. Вибір залежить від якості джерела води та необхідного
- ступеню очищення;
- об'єм використовуваної води – значні кількості вимагають надійних систем. Проте власне мікрогрін не потребує великих об'ємів води, хоча й у перспективі його вирощування для споживчих цілей населенням треба зважати на продуктивність очисної системи;
- вартість очисної системи – під час реалізації виробництва система фільтрації охоплюватиме початкові інвестиції плюс експлуатаційні витрати; походження та потужності впливають на ціноутворення. Варто зауважити, що українські підприємці можуть запропонувати недорогі системи вітчизняного виробництва.

Чисті умови вирощування демонструють безпеку харчових продуктів, а це невіддільна віха практики сталого розвитку.

Таблиця 2.1

### **Основні принципи вибору складових технології вирощування мікрогрину**

<b>Субстрат</b>	<b>Вода</b>	<b>Світло</b>
Має стабільно втримувати вологу	Для мікрогрину не треба багато води	Для мікрогрину не треба повноцінне освітлення
Має бути достатньо щільним	Вода має бути очищена	Енергоспоживання має бути ощадливим

Продовження таблиці 2.1

Має бути доступним та дешевим	Можна встановити власну систему фільтрації	Воно має бути функціональним
Він повинен бути біорозкладним чи переоблюваним	Він має бути доступним та дешевим в експлуатації	Воно не має нагрівати середовище вирощування
Він має бути безпечним для харчових продуктів	Треба здійснювати контроль за її якістю	Воно має бути довговічним

Фінанси заслуговують окремої уваги під час вибору обладнання для фільтрації, враховуючи ціну придбання разом із витратами на технічне обслуговування з часом, витрати коливаються залежно від виробника та можливостей. Значні обсяги води вимагають інтенсивного очищення, тоді як для невеликих обсягів достатньо базових систем.

#### 2.4. Пакування.

Пакування мікрозелені має бути відповідальним з екологічного погляду, але у той же момент має бути дешевим та доступним у регіоні, ідеально – якщо його виробництво буде знаходитися в межах агломерації міста. Це може бути папір, картон, біопластик або інші предмети, які розкладаються природним шляхом. Використання багаторазових контейнерів також допомагає зменшити відходи. Цей екологічно свідомий підхід не тільки зменшує вплив на навколишнє середовище, але й привертає увагу клієнтів, які цінують практики концепції «sustainable development». До того ж пакування відіграє неабияку роль для формування екологічної освіти громадян.

При виборі «зелених» пакувальних матеріалів треба враховувати кілька важливих факторів:

- екологічність їх виробництва – бути відповідальним до навколишнього середовища означає використовувати компоненти з

мінімальним впливом на НС, хай то хоч біологічно розкладні, багаторазові чи перероблені;

- функціональність – упаковка повинна підтримувати умови, необхідні для її зберігання протягом терміну споживання. Таким чином вона має утримувати вологу, захищати від патогенів, забезпечуючи при цьому зручне відкривання/закривання;
- естетика пакування – упаковка створює візуальну привабливість продуктів. Зовнішній вигляд впливає на ставлення людей до продукту та бренду в цілому. Стиль повинен відповідати індивідуальності та ідеалам бренду;
- вартість – витрати на виробництво упаковки входять до загальної вартості продукту. Якість та екологічність має бути збалансована з вартістю цього пакування

Використання «зеленого» пакування для мікрозелені зменшує шкоду навколишньому середовищу. Хоч споживачі звертають увагу на екологічність, але перш за все – дешевизна. Розумний вибір упаковки необхідний для забезпечення доступності мікрозелені для більшості населення, а також її транспортування та зберігання на період споживання.

## 2.5. Посівний матеріал.

Один з ключових аспектів вирощування мікрогрину – це якісний посівний матеріал. Необхідним на даному етапі є дотримання базових принципів безпеки харчових продуктів та виробництва, оскільки ніщо з технологічного процесу вирощування мікрогрину так не впливає на якість вирощених рослин, як насіння, з якого мікрозелень виробляють.

У контексті безпеки харчових продуктів для мікрогрину варто зосередити увагу на обмеженні використання засобів захисту рослин (ЗСР), та використовувати їх безпечні альтернативи та жорстко контролювати процес

виробництва насіння. Даний етап також є відповідальним з погляду сталості, адже на відміну від мікрозелені, тут треба вдатися до насінництва, а й отже традиційного методу вирощування – агровиробництво на полях або теплицях. Проте головною відмінністю від звичайного фермерства тут буде саме вихідний продукт – насіння. Для отримання посівного матеріалу треба вирощувати рослини до їх повної зрілості, окремі види культур можуть дати насіння лише на другий рік вирощування.

Окрему увагу треба приділити на місце розташування полів та потужностей з перероблювання рослинного матеріалу. Ідеально, якщо локація знаходиться у межах агломерації міста Харків, проте зважаючи на можливі несприятливі чинники для фермерства поблизу міст, такі як підвищені рівні забруднення від заводів та інших виробництв, які також потенційно знаходяться в межах агломерації, постає питання у розташуванні полів за межами агломерації, але якнайближче до міста Харків. Незалежно від цього логічного припущення, варто проводити моніторинг якості навколишнього середовища, зокрема й стану ґрунтів, перед посівною виконати обсервацію екологічного стану у потенційному місці для вирощування культур для отримання посівного матеріалу.



Рис. 2.1 Модель агломерації міста Харків [22].

Різниця посівного матеріалу для традиційного фермерства і для вирощування мікрогрину полягає в тому, що останнє не можна обробляти засобами захисту рослин чи добривами. Це обумовлено коротким періодом росту мікрогрину, від 7 діб до 21 доби.

## 2.6. Вибір рослинної культури.

Одним з етапів технології виробництва мікрозелені є вибір культури для вирощування. Популярні для вирощування мікрогрину культури мають високу поживну цінність, вони багаті на вітаміни, поліфеноли та макроелементи. Також вони популярні для вирощування мікрогрину культури вирізняються смако-ароматичними якостями, наприклад, мікрогрін броколі має насичений олійний аромат капусти, адже броколі та капуста відносяться до капустяних (раніше – хрестоцвітих). Мікрозелень редиски, наприклад, має гострий смак, тоді як мікрозелень базилику – солодкувата. Окрім цього культуру можна обирати за строком дозрівання та необхідними умовами освітлення. Наприклад, насіння гірчиці може проростати і в умовах недостатньої освітленості, коли як базилік краще росте в умовах гарної освітленості. Варто звернути уваги на поживну цінність, адже якщо зважати на принципи концепції сталого розвитку, то важливим є забезпечення споживачів доступною та багатою на поживні речовини їжею. Це також може дати змогу розрахувати кількість посівного матеріалу, необхідного для забезпечення населення Харкова мікрогрином, а також дозволить розрахувати необхідні площі посівів рослинних культур для отримання насіннєвого матеріалу.

Таблиця 2.2

**Характеристика мікрогрину різних рослинних культур**

<b>Культура</b>	<b>Смако-ароматичні якості</b>	<b>Характеристика поживності</b>
Базилік ( <i>Ocimum</i> )	Має пряний аромат та солодкуватий смак	Високий вміст антиоксидантів та поліфенолів
Броколі ( <i>Brassica oleracea</i> )	Має насичений аромат капусти (капустяні)	Високий вміст антиоксидантів
Петрушка ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Пряний аромат	Високий вміст антиоксидантів та поліфенолів
Люцерна ( <i>Medicago</i> )	Має помірний аромат лучних трав	Багата на білок та на антиоксиданти
Редиска ( <i>Raphanus sativus</i> )	Гостра на смак	Високий вміст антиоксидантів

Отже, діагностуючи методи та технологію вирощування мікрозелені у контексті екологічного виробництва і доступного для споживача у Харкові продукту, можна зробити висновок, що влаштування виробництв мікрогрину у міському середовищі є гарною альтернативою звичайному фермерству. Розвиток сіті-фермерства у містах цілком можливий навіть у контексті «зеленого» виробництва за принципами екологічних концепцій. Окрім того, за визначеними екологічно обґрунтованими аспектами у методах вирощування мікрозелені можна припустити, що вирощений продукт буде економічно доступний для більшості населення Харкова, адже окремі витратні матеріали доступні на місцевому ринку, економні та дешеві.

## РОЗДІЛ 3

### МОДЕЛЬ СУМІЖНИХ ВИРОБНИЦТВ ТА РОЗРАХУНОК ПОСІВНИХ ПЛОЩ.

3.1. Оцінка впливу виробництва на навколишнє середовище та умови життя міських жителів.

У даному розділі буде використано емпіричний метод діагностичного аналізу та метод обробки даних. Вплив мікрогрину на якість повітря у тому сенсі, який можна розуміти коли ми говоримо про рослини, є нейтральним, адже мікрозелень, яка росте до 21 добу, отримує всю енергію для росту з насіння. Процес фотосинтезу, під час якого відбувається поглинання вуглецю з повітря, не є досить активним, адже технологічний процес вирощування не передбачає потужних джерел освітлення, а листові пластини, де відбувається фотосинтез, надто мала для того, щоб можна було робити висновок про значний позитивний вплив від фотосинтезу на стан повітря у виробничому приміщенні. За короткий термін вегетації до збору врожаю вона не встигає поглинути з повітря достатню кількість вуглецю чи інших забруднювальних речовин. Це є позитивним моментом для споживача, адже продукт буде більш безпечним для споживання.

Якщо розглядати вплив мікрогрину на якість повітря, треба зважати на процеси його створення та ланцюжки його виробництва, через які вплив на повітря можна вважати опосередкованим, проте важливим в екологічному аспекті. Одразу варто зауважити, що завдяки вертикальним фермам виробництво продукту можна наблизити безпосередньо до споживача, що виключає з моделі ланку з транспортуванням мікрогрину споживачу (рис. 3.1). Наприклад, розташувавши його в супермаркеті споживач сам може приходити на цю вертикальну ферму та одразу ж отримувати свіжу зелень. Проте для зменшення викидів від інших транспортувань:

- Виробництво посівного матеріалу має відбуватись у межах агломерації міста, тобто якнайближче до міста.
- Перероблювання та зберігання насіння для мікрозелені має відбуватись безпосередньо у межах агломерації.
- Також виробництво субстрату для вирощування мікрозелені має відбуватись у регіоні, де будуть розташовані виробництва мікрогрину.



Рис. 3.1 Модель системи виробництва мікрогрину.

Наприклад, органічний субстрат, який виробляється з конопель є вторинним продуктом текстильного виробництва. Посіви цих технічних конопель та обробка врожаю відбувається у Харківській області, що вже має наближення до міста Харків, а й одже зменшує шляхи транспортування. До того ж дослідження щодо вирощування конопель зазначають, що їх культивация є більш вуглецево-негативна для довкілля, іноді навіть за ліси[20]. Це значить, що поглинання CO<sub>2</sub> на одиницю площі культури конопель більша за поглинання CO<sub>2</sub> листяних лісів [21]. До того ж використання килимків з конопляних фібр у якості субстрату може підтримати сталість місцевого виробництва технічних конопель та зменшить кількість відходів від процесів виготовлення текстилю.

Важливо зазначити, що виробничі процеси на міських фермах у приміщеннях можуть впливати на вологість повітря, де культивують мікрозелень. Це обумовлено великою площею випаровування води з субстратів, які мають пласку форму. До того ж вони мають бути завжди вологі, щоб забезпечити стабільний ріст рослин.

Розглядаючи вплив мікрогрину на поліпшення життєвих умов мешканців Харкова треба озвучити проблему з нераціональним харчуванням, яка виникла через кризову ситуацію у місті через військові дії. Тривалі проблеми з постачанням комунальних послуг, високий рівень безробіття стали варіантом норми у цьому місті. І хоча споживачі мають змогу отримати гуманітарну допомогу у вигляді медикаментів, гігієнічних наборів, води та їжі – останню можна характеризувати як бідну на нутриєнти. Гуманітарні набори з їжею складають, зазвичай, на місяць. Вона містить продукти, що довго зберігаються і необхідні для мінімального вдоволення потреби у їжі. Проте такі продукти, зазвичай, бідні на нутриєнти, які можна отримати лише зі свіжих овочів та фруктів, адже вони не можуть зберігатися довго, а консервовані втрачають левову частину своєї поживної цінності [23]. Таким чином виникають авітамінози, хворобливі стани у організму людини, яка споживає бідну на нутриєнти їжу. Через це досягти глобальних цілей №2 про «Подолання голоду» та №3 про «Здоров'я та добробуту» [24] стає неможливим.

Одже, серед можливих методів подолання наведених проблем є мікрогрін. Проте його економічна доступність у місті Харків, вимагає переглянути наявні методи та технології виробництва мікрозелені, адже ціна на кінцевий продукт стає невиправдано високою. Це залишає мікрогрін недоступним для більшості споживачів. Головна причина – великі витрати на посівний матеріал, його доставляння, а також матеріали субстрату та пакування, які використовують підприємці, які виробляють мікрозелень. Через розгалужені логістичні шляхи доставлення необхідних для вирощування мікрогрину матеріалів збільшується вуглецевий слід та вартість остаточного продукту. Тому виконання глобальної

цілі сталого розвитку №13 про «Кліматичні зміни» [24] стає неможливим. Тепер постає завдання скоротити витрати на виробництво мікрогрину, дотримуючись екоцентричного проєктування виробництва, а й одже «наблизити» до споживачів багату на вітаміни та мікроелементи мікрозелень.

### 3.2. Розрахування посівних площ.

Вирішуючи завдання реалізації мікрогрину треба розрахувати необхідну кількість посівного матеріалу для забезпечення ним виробництва продукту для населення міста Харків. Для цього треба розрахувати рекомендовану до споживання кількість мікрозелені на добу. Залежно від рослинної культури числа будуть різнитися через особливості їх поживності, а також від врожайності посівного матеріалу цих рослин. Незалежно від того, що мікрогрін можна вирощувати за принципом «city-farm», тобто виготовляти їх, наприклад, на вертикальних фермах прямо у ядрі агломерації, виготовлення посівного матеріалу потребує традиційних методів культивування на полях чи у теплицях за методами насінництва. З метою наближення до виробничих центрів мікрогрину у місті, культури на посівний матеріал варто вирощувати у межах агломерації міста Харків. Оскільки мікрогрін вирощується у термін до 21 доби, то оброблювання насіння засобами захисту рослин та добривами становитиме небезпеку для споживачів, бо переважна кількість засобів захисту рослин за цей термін не зменшить свою активність. Відповідно цього, варто також дотримуватись щадного режиму обробки культур, що вирощують для отримання посівного матеріалу.

Для розрахунку рекомендації зі споживання мікрогрину треба враховувати принципи раціонального харчування. Закрити добову норму у вітамінах чи мінералах одним мікрогрином не можна, адже організм людини має отримувати поживні речовини з різних харчових продуктів.

Таблиця 3.1

**Добові потреби у вітамінах у різних категоріях населення [25]**

Категорія населення	Жінки	Чоловіки	Хлопці 14-17 років	Дівчата 14-17 років
Вітаміни				
Е (мг)	15	15	15	13
β-каротин (мг)	5		-	-
С (мг)	70	80	80	75

Найвагомішими вітамінами у мікрогрині є аскорбінова кислота, альфа-токоферол та β-каротин. У мікрозелені також висока кількість поліфенолів та інших біологічно-активних речовин, проте добової норми для них в українському законодавстві не вказано. Макро- та мікро- елементи знаходяться в мікрогрині в менших концентраціях у відношенні до добової норми, аніж зазначені у таблиці 3.1 вітаміни, одже їх наразі не беремо до уваги. Визначені концентрації вказаних вітамінів у свіжому мікрогрині можуть різнитись залежно від стадії їх росту на момент споживання, освітлення та сорту культури. Приклад концентрацій вітамінів у культурах можна розглянути у Таблиці 3.2 на таких культурах як петрушка, базилік та броколі[26, 27, 28, 29]

Таблиця 3.2

**Концентрації вітамінів у мікрозелені культур**

Вітаміни/Культури	Петрушка (Petroselinum crispum) (грам)	Базилік (Ocimum) (грам)	Броколі (Brassica oleracea) (грам)
Е (мкг)	250	130	70
β-каротин (мкг)	20	15	10
С (мкг)	800	700	250

Бачимо, що петрушка (*Petroselinum crispum*) має перевагу за кількістю нутриєнтів. З поміж того, дослідження вказують на більшу кількість поліфенолів [29] у цій культурі та високу антиоксидантну активність [30]. Але петрушка є дворічною рослиною. Це значить, що для отримання посівного матеріалу для петрушки знадобиться 2 роки її культивації на полі. Найменше вітамінів у броколі (*Brassica oleracea*), проте ця рослина містить велику кількість фенольних речовин [28], а також біоактивну речовину сульфорафан, що виявляє протипухлинні властивості [31]. Базилик також багатий на поліфеноли [29].

Порівнюючи поживність згаданих у Таблиці 3.2 культур з рекомендованою добовою нормою у Таблиці 3.1, можна запропонувати до споживання свіжий мікрогрін вагою від 25 до 75 грамів. У такій кількості вазі буде міститись достатня частка добової норми нутриєнтів для кожної з категорій населення. Це також відповідає принципу раціонального харчування, адже харчуватися одним лише мікрогріном не можна.

Наступним етапом буде розрахунок необхідної площі посівів цих культур для отримання посівного матеріалу, яким треба буде забезпечити виробництва, які вирощуватимуть мікрогрін у міському середовищі Харкова. Для цього необхідно знати актуальні дані про кількість населення міста Харків, а також вагу посівного матеріалу, який необхідний для вирощування мінімальної ваги мікрозелені, рекомендованої до споживання – 25 грамів.

Згідно з дослідженням [32], можна розрахувати вагу посівного матеріалу, яку необхідно засіяти, щоб отримати рекомендовану до споживання вагу мікрогріну:

Таблиця 3.3

**Вага посівного матеріалу, яку необхідно засіяти, щоб отримати  
рекомендовану до споживання вагу мікрогрину. N**

Петрушка (грам)	Базилік (грам)	Броколі (грам)
3,82	0,96	1,00

Дані про урожайність можуть різнитися від терміну вирощування мікрогрину та від сорту рослини. Дані про урожайність мікрогрину петрушки на вагу насіння у дослідженні не подано. За еквівалент взято дані по коріандрю, адже вони відносяться до одної таксономічної родини.

Актуальну кількість населення Харкова важко порахувати через військові дії в регіоні та нестабільну ситуацію, пов'язану з цим. Станом на 01.04.2024 відомо, що у Харкові перебуває близько 1 300 000 людей [11].

Згідно з цими даними можна підрахувати приблизну вагу насіння для кожної з розглянутих рослинних культур, щоб забезпечити мешканців Харкова мінімальною вагою мікрогрину на добу у 25 грамів. Для цього помножимо вихідні дані з таблиці 3.3 на  $L$  – населення міста Харків, яке становить 1 млн 300 тис. чоловік:

$$Nd = N * L \quad (3.1)$$

де  $Nd$  – вага насіння, яка може забезпечити 25 грамами мікрогрину населення міста.

$N$  – вага посівного матеріалу, необхідна для отримання 25 грамів мікрогрину (дані таблиці 3.3).

$L$  – населення міста.

Таблиця 3.4

**Вага насіння, яке може забезпечити населення Харкова 25 грамами  
мікрогрину на добу. Nd**

Петрушка (кг/добу)	Базилік (кг/добу)	Броколі (кг/добу)
4966	1248	1300

Наступним етапом буде підрахування площ полів для вирощування посівного матеріалу, який буде необхідний мешканцям Харкова на рік. Для цього треба знати урожайність насіння для кожної з культур, а також помножити добову необхідність у насінні (таблиця 3.4) на 365 – кількість діб у році.

Відомо, що урожайність насіння для культури петрушка становить від 3 до 6 центнер на гектар [33]; урожайність насіння броколі становить від 5 до 9 центнер на гектар [34]; урожайність насіння базиліку становить від 2 до 4 центнер на гектар [35]. Якщо брати за середнє отримаємо такі значення урожайності насіння:

Таблиця 3.5

**Урожайність культур на насіння. Y**

Петрушка (ц/га)	Базилік (ц/га)	Броколі (ц/га)
5	3	7,5

Тепер дізнаємось площі посівів для окремих культур, які б забезпечили потребу виробництв у насінні для мікрогрину, яке необхідне для забезпечення мінімальної добової рекомендації мікрогрину для 100% наявного населення Харкова:

$$P = \frac{Nd \times 365}{Y} \quad (3.2)$$

де  $P$  – площа посівів, яка необхідна для отримання насіння, що забезпечило порцією у 25 грамів на добу кожного жителя міста, протягом року.

$N_d$  – вага насіння, яка може забезпечити 25 грамами мікрогрину населення міста.

$Y$  – урожайність культур на насіння.

Таблиця 3.6

### Необхідні для засіву «на насіння» площі. $P$

Петрушка (га)	Базилік (га)	Броколі (га)
3625,2	1518,4	632,7

Наочне порівняння площі, необхідної вирощування рослин для отримання посівного матеріалу з розмірами м. Харків. Використано сервіс «Google Earth».

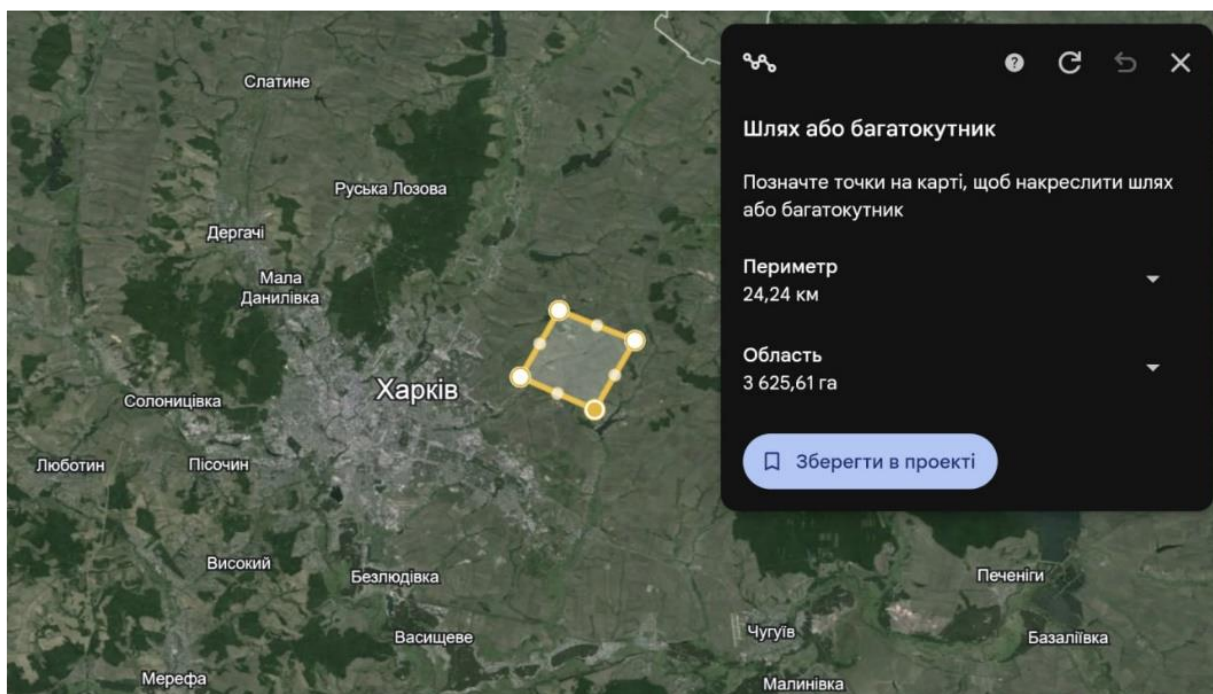


Рис. 3.2 Площа посівів петрушки на мапі.

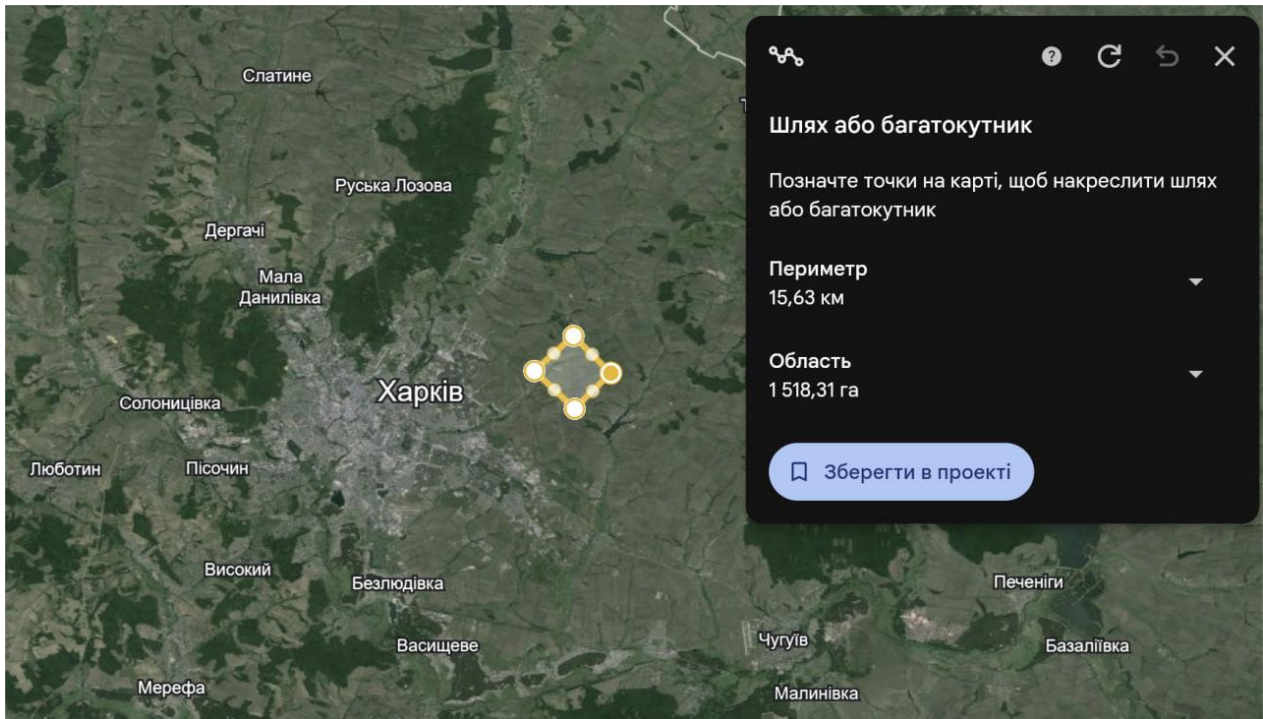


Рис. 3.3 Площа посівів базиліку на мапі.

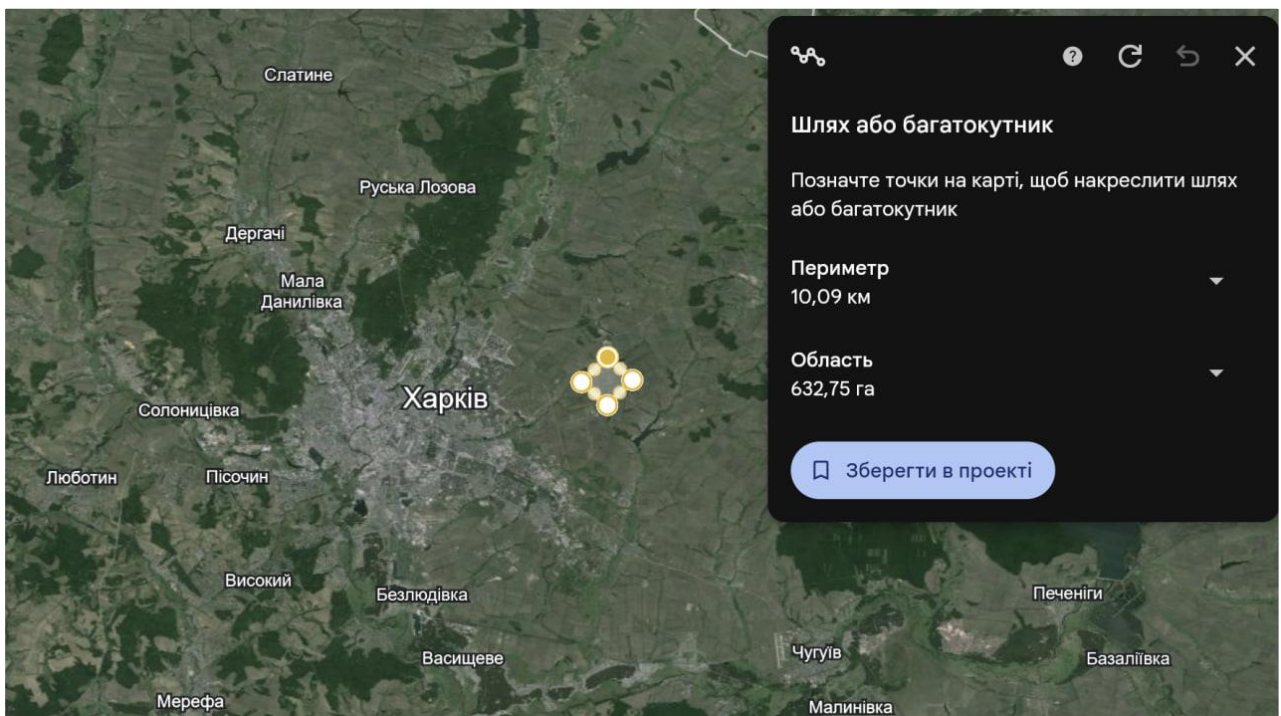


Рис. 3.4 Площа посівів броколі на мапі.

Таким чином було встановлено, що для забезпечення 1300000 населення Харкова 25 грамами мікрогріну щодня протягом року може знадобитися

3625,2 гектара посівів петрушки, або ж 1518,4 гектара посівів базиліку, або ж 632,7 гектара посівів броколі, які б забезпечили насінням виробництва мікрогрину у Харкові за принципом «city-farm». Відповідні числа умовні, можуть різнитись, залежно від врожайності насіння, мікрогрину та культури і її сорту. Ця інформація та принцип розрахунків може допомогти міській раді, неурядовим, благодійним організаціям у плануванні можливого розташування виробництва насіння для мікрогрину. За таким принципом можна не лише значно здешевити вихідний продукт та наблизити його до споживача, а й позитивно посприяти на екологічний компонент міського середовища, оскільки такий приклад виробництва заснований на принципах сучасних світових практик впровадження екологічних проєктів у містах. Також це дає змогу наблизитись до виконання глобальних цілей сталого розвитку №2, 3 та 13.

## ВИСНОВКИ

1. Визначено ряд принципів та критерій, яких треба дотримуватись, щоб досягти екологічно-чистого виробництва мікрогрину у міському середовищі: створення посівних площ під насінневі матеріали у межах агломерації, використання методу вертикальних ферм для заощадження простору, критерії вибору освітлення, субстрату та води.
2. Вплив технології виробництва мікрозелені на якість повітря здебільшого опосередкований виробництвом витратних матеріалів та їх транспортуванням. Розташування супутніх виробництв у межах агломерації дозволить знизити викиди вуглецю, а також наблизить кінцевий продукт до споживачів.
3. Розраховано вагу свіжого мікрогрину, яку можна рекомендувати до споживання щодня – від 25 до 75 грамів. Це відповідає принципу раціонального харчування та підкріплено даними про нутриційну поживність мікрозелені броколі, петрушки та базиліку до добової норми нутриєнтів для людини.
4. Визначено площу посівів культур базиліку, петрушки та броколі для отримання посівного матеріалу, яке б забезпечило 100% з 1300000 наявного населення Харкова мікрогрином порцією у 25 грамів щодня протягом року. Може знадобитися 3625,2 гектара посівів петрушки, або ж 1518,4 гектара посівів базиліку, або ж 632,7 гектара посівів броколі, які б забезпечили насінням виробництва мікрогрину. Ці розрахунки будуть корисні для планування виробництва та розробки кошторисної документації проєктів, пов'язаних з мікрогрином та його виробництвом. За правильних умов зберігання, надлишок насіння можна запасати і використати протягом 5 років. Це також є перевагою мікрогрину під час військових дій та ризиків, пов'язаних із забрудненням вибуховими предметами та радіоактивними речовинами аграрних земель. Запас

насіння та розхідних матеріалів можна використовувати для виробництва свіжої зелені навіть у підвалах, без ризику для здоров'я людини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Urban green spaces and health. World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341> (дата звернення: 02.04.2024).
2. Sustainable Development Goals. United Nations. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (дата звернення: 02.04.2024).
3. Босецька Н. Г. Zero-waste у ресторанному бізнесі. Інноваційні технології та реалізація концепції zero-waste у харчових технологіях і сфері ресторанного, готельного та туристичного бізнесу. 2024. Полтав. ун-т економіки та торгівлі. С. 209. URL: [https://puet.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/zt\\_-zero-waste-2023.pdf](https://puet.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/zt_-zero-waste-2023.pdf) (дата звернення: 04.04.2024).
4. Circular economy action plan. European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm) (дата звернення: 02.04.2024).
5. Савіна, І. О. Екологічне проектування як інструмент сталого розвитку міста. Екологічні проблеми містобудування. 2016. Вип. 3. С. 16.
6. Чепурний С. А., Чудаков А. О., Шквиря Н.О. Маркетингові дослідження поведінки споживачів плодоовочевої продукції : збірник тез Норвегія-Україна 2020. Запоріжжя. 2020. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/13728/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0%202020-34-35.pdf> (дата звернення: 01.04.2024).

7. Scaling-Up: An Overview of Urban Agriculture in North America. Sustainable Landscape Planning in Selected Urban Regions. 2017. Pp.199-213 URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-56445-4\\_17](http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-56445-4_17) (дата звернення: 02.04.2024).
8. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2022 році. Департамент захисту довкілля та природокористування. ХОВА. 2023. URL: [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1234/123378/Attaches/2022\\_2\\_-\\_regionalna\\_dopovid\\_za\\_2022\\_rik\\_harkivska\\_oblast.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1234/123378/Attaches/2022_2_-_regionalna_dopovid_za_2022_rik_harkivska_oblast.pdf) (дата звернення: 01.04.2024).
9. Панасенко, А.В. Екологічне проектування та децентралізоване виробництво в контексті сталого розвитку міста. Екологічні науки. 2018. Вип. 3. С. 40.
10. Програма економічного та соціального розвитку м. Харкова на 2023 рік. Харківська міська рада. 2023. URL: [https://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/dodatok\\_1-programa-2023.doc](https://www.city.kharkov.ua/assets/files/docs/dodatok_1-programa-2023.doc) (дата звернення: 01.04.2024).
11. Winkowska J., Szpilko D., Pejić S. Smart city concept in the light of the literature review. Engineering Management in Production and Services. 2019. Vol. 11. No. 2. Pp. 70–86. URL: <https://doi.org/10.2478/emj-2019-0012> (дата звернення: 02.04.2024).
12. Dobele M., Zvirbule A. The Concept of Urban Agriculture – Historical Development and Tendencies. Rural Sustainability Research. 2020. Vol. 43. No. 338. Pp. 20–26. URL: <https://doi.org/10.2478/plua-2020-0003> (дата звернення: 02.04.2024).
13. Harada Y. Biogeochemistry of the Brooklyn Grange, an urban rooftop farm : doctoral dissertation. Ann Arbor, Michigan, 2018. 24 p. URL: <https://www.proquest.com/openview/6e5688328fe41bc2e512c3d971c906>

- [a8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750](#) (дата звернення: 02.04.2024).
14. City of Harlow. Harlow Local Plan. 2022. URL: <https://www.harlow.gov.uk/localplan2022> (дата звернення: 01.04.2024).
15. Plant Productivity in Response to LED Lighting / G. D. Massa et al. HortScience. 2008. Vol. 43. No. 7. Pp. 1951–1956. URL: <https://doi.org/10.21273/hortsci.43.7.1951> (дата звернення: 02.04.2024).
16. "Росіяни не підійшли ближче до міста, але б'ють новою зброєю", – мер Харкова Ігор Терехов. LIGA. URL: <https://www.liga.net/ua/politics/interview/rosiiany-ne-pidiishly-blyzhche-do-mista-ale-biut-novoju-zbroieiu-mer-kharkova-ihor-terekhov> (дата звернення: 02.04.2024).
17. Promoting Urban Agriculture and Its Opportunities and Challenges—A Global Review. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9609> (дата звернення: 02.04.2024).
18. Scaling-Up: An Overview of Urban Agriculture in North America. Sustainable Landscape Planning in Selected Urban Regions. 2017. 199–213 p. URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-56445-4\\_17](http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-56445-4_17) (дата звернення: 02.04.2024).
19. Sustainable Cities Reimagined / ed. by S. E. Shmelev. First Edition. | New York : Routledge, 2019. : Routledge, 2019. URL: <https://doi.org/10.4324/9780429287725> (дата звернення: 01.04.2024).
20. Fairs, M. Hemp “more effective than trees” at carbon storage says researcher. Dezeen. 2021. URL: <https://www.dezeen.com/2021/06/30/carbon-sequestering-hemp-darshil-shah-interview/> (дата звернення: 03.04.2024).
21. Kaur G., Kander R. The Sustainability of Industrial Hemp: A Literature Review of Its Economic, Environmental, and Social Sustainability.

- Sustainability. 2023. Т. 15, № 8. С. 6457. URL: <https://doi.org/10.3390/su15086457> (дата звернення: 08.04.2024).
22. Модель агломерації міста Харків. Харківська соціологічна мережа. 2020. URL: <http://soc.kh.ua/> (дата звернення: 03.04.2024).
23. Rickman J. C., Bruhn C. M., Barrett D. M. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87, no. 7. Pp. 1185–1196. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2824> (дата звернення: 08.04.2024).
24. The Global Goals. Goals Archive - The Global Goals. The Global Goals. 2023. URL: <https://www.globalgoals.org/goals/> (дата звернення: 01.04.2024).
25. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії : Наказ МОЗ України від 03.09.2017 № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text> (дата звернення: 01.04.2024).
26. Vitamin C biofortification of broccoli microgreens and resulting effects on nutrient composition / S. Kathi et al. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145992> (дата звернення: 06.04.2024).
27. The Use of a Nutrient Quality Score is Effective to Assess the Overall Nutritional Value of Three Brassica Microgreens / M. Renna et al. *Foods*. 2020. Vol. 9. No. 9. P. 1226. URL: <https://doi.org/10.3390/foods9091226> (дата звернення: 06.04.2024).
28. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens / V. M. Paradiso et al. *Food & Function*. 2018. Vol. 9. No. 11. P. 5629–5640. URL: <https://doi.org/10.1039/c8fo01182f> (дата звернення: 07.04.2024).
29. Vitamin C biofortification of broccoli microgreens and resulting effects on nutrient composition / S. Kathi et al. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol.

14. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145992> (дата звернення: 04.04.2024).
30. Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits / M. Bhaswant et al. *Molecules*. 2023. Vol. 28. No. 2. P. 867. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules28020867> (дата звернення: 06.04.2024).
31. Sulforaphane Bioavailability in Healthy Subjects Fed a Single Serving of Fresh Broccoli Microgreens / J. A. Bouranis et al. *Foods*. 2023. Vol. 12 No. 20. P. 3784. URL: <https://doi.org/10.3390/foods12203784> (дата звернення: 06.04.2024).
32. Johnny's Micro Greens Yield Trial: Comparison Chart for 29 Popular Varieties. Winslow : Johnny's Selected Seeds, 2017. 2 p. URL: <https://www.johnnyseeds.com/on/demandware.static/-/Library-Sites-JSSSharedLibrary/default/dwa67c24b8/assets/information/micro-greens-yield-trial-results-tech-sheet.pdf> (дата звернення: 04.04.2024).
33. Недбал А. Зелень петрушки – цілий рік. AgroMage. URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=296](https://agromage.com/stat_id.php?id=296) (дата звернення: 05.04.2024).
34. Капуста броколі - технологія вирощування: Особливості вирощування капусти броколі. AgroMage. URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=562](https://agromage.com/stat_id.php?id=562) (дата звернення: 05.04.2024).
35. Вирощуємо царську траву – Агробізнес сьогодні. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/403-vyroshchuiemo-tsarsku-travu.html> (дата звернення: 05.04.2024).