

## Алелопатична активність водорозчинних та летких виділень квіток *Crocus sativus* L. (Iridaceae) в Північному Причорномор'ї

**Анотація.** Введенню в агрофітоценози нових культур, до яких належить *Crocus sativus*, повинні передувати дослідження їх екологічної безпечності та місця в сівозміні. При збиранні сировини для отримання шафрану залишається до 90% побічних продуктів, які при розкладанні можуть негативно впливати на ґрунт і опосередковано на рослини, які вирощуються після шафрану. Тому метою досліджень було вивчення алелопатичної активності водорозчинних та летких виділень квіток *Crocus sativus* в агрокліматичних умовах Північного Причорномор'я. Дослідження проводили у 2021 р. за загальноприйнятою методикою, використовували свіжозібрані квітки, з яких вилучали окремі елементи, та квітки різного ступеню квітування. Використовували такі методи досліджень: польовий, лабораторний, розрахунковий та статистичний. Результатами досліджень встановлено, що водорозчинні виділення квіток *Crocus sativus* та їх частин стимулюють енергію проростання та пригнічують приріст однодобових проростків *Lactuca sativum*. Водорозчинні виділення квіток *Crocus sativus* мають негативну алелопатичну дію. Індекс алелопатичної активності за дії водорозчинних виділень квіток знаходиться в межах від -0,26 для квітки з усіма частинами до -0,01 для пелюсток. Найвища стимулююча дія летких виділень на приріст коренів *Lactuca sativum* та значення індексу алелопатичної активності характерна для квітки, яка щойно розквітла, та тичинок, а найменша – для маточок. Алелопатична активність летких виділень частин квітки *Crocus sativus* встановлена на рівні 6,4 (маточка) та 28,8% (тичинки). Речовини, які інгібують проростання коренів *Lactuca sativum* знаходяться переважно в тичинках. Визначено, що леткі виділення частин квітки *Crocus sativus* знижують енергію проростання насіння тест-рослини. Практична цінність досліджень, полягає в тому, що результати досліджень можуть бути використані під час визначення місця культури в сівозміні і тривалості вирощування її на одному полі

**Ключові слова:** алелопатія, квітування, елементи квітки, інгібування, стимулювання

### Вступ

У зв'язку зі зміною клімату в Україні до кінця століття для Південного Степу України прогнозують збільшення кількості днів із високими температурами, понад 100 тропічних ночей та до 135 літніх днів на рік, зниження рівня опадів у літній період (World Bank..., 2021). Це призведе до зниження врожайності окремих культур (ячменю, кукурудзи, соняшника). Для стабільності сільськогосподарського виробництва країни важливим є вивчення та залучення нових культур, які були б адаптованими до підвищення температури влітку, посилення посушливості на півдні та сході України та інших наслідків зміни клімату. Однією із таких культур є шафран посівний (*Crocus sativus* L.), який належить до роду *Crocus* підродини Crocoideae родини Iridaceae (Cardone et al., 2020).

*Crocus sativus* L. – трав'яниста багаторічна однодольна рослина, яка досягає висоти до 20-25 см. Під землею формує бульбоцибулину діаметром 2,5-3,0 см, покриту сітчастими та волокнистими лусками й темно-бурими волокнами із зруйнованих старих лусок. Листки лінійні 15–20 см завдовжки і 2–3 мм завширшки з поздовжньою білою полоскою. Рослини квітують протягом 7–10 діб у жовтні-листопаді. Квітки крупні світло-фіолетові з сильним ароматом (Cardone et al., 2020). *C. sativus* є стерильним триплоїдом ( $2n = 3x = 24$ ), тому плодів і насіння не формує (Cardone et al., 2021).

Культивується в основному в Ірані, Афганістані, Марокко, Індії, Іспанії, Греції та Італії (Cardone et al., 2019). На сьогодні Іран поставляє на світовий ринок близько 90 % сировини (Kheirabadi та ін., 2020).

В культуру *C. sativus* введений близько 3000-2300 р. до н.е., в дикому стані не зустрічається (Nemati et al., 2020). Шафран є найдорожчою пряністю, яку називають “червоне золото”, має корисні властивості для здоров’я людини. Шафран вирощують на різних типах ґрунтів добре дренованих з діапазоном рН від нейтрального до слаболужних (Ghanbari et al., 2019). За результатами досліджень (Mzabri et al., 2022), на урожайність приймочок впливає освітленість: найвища урожайність спостерігається при 30 % затінення. Культура стійка до низьких та високих температур та витримує їхдіапазон від -22 до 40 °С (Siney et al., 2020). За даними О.О. Михайленка (2019), для збору 1 кг сухого шафрану необхідно зібрати приймочки із близько 167 000 квіток.

Протягом останнього часу культура *Crocus sativus* викликає зацікавлення у ~~українських~~ аграріїв, але залишаються маловивченими деякі елементи її агротехніки вирощування.

Саме тому *метою досліджень* було встановлення особливостей виділень генеративних органів *Crocus sativus* у кліматичних та ґрунтових умовах Північного Причорномор’я для встановлення безпечності вирощування нової культури для агрофітоценозів Півдня України. Особливістю вирощування і переробки рослинної сировини культури є те, що при збиранні приймочок *Crocus sativus* залишаються як побічний продукт інші елементи квіток (пелюстки, тичинки) або відквітлі квітки, які можуть знаходитися на полях або утилізуватися (Миколайчук et al., 2021). Тому постала необхідність визначити алелопатичну активність водорозчинних та летких виділень елементів квіток та квіток різного строку квітування.

### Огляд літератури

В Україні промислові насадження *C. sativus* для харчових цілей були закладені в 2015 р. в Херсонській області (Михайленко, 2019). Після чого вирощування цієї культури розпочато також в інших областях.

Останнім часом збільшується попит на шафран, і це пов’язано із виявленими у різних органах рослин біологічних активних речовин, які мають фармакологічні властивості (Jadouali et al., 2019; Chen et al., 2020). Для екстрактів та чистих речовин із *C. sativus* встановлено антиоксидантну, антипаразитарну, гіполіпідемічну, гіпотензивну, імуномодулювальну, антимікробну, протипухлинну та антидепресантну дію. Спектр дій зумовлено складом біологічно-активних речовин, що містяться в приймочках (Chen et al., 2020; Soukrat et al., 2019). Серед летких ароматичних речовин основними є монотерпенові альдегіди (ізофорон, сафраналь та їх ізомери), а також нелеткі сполуки різної природи. Серед яких: кроцетин, кроцин, лікопін, зеаксантин,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -каротин; р-кумарова, ванілова, 3-гідрокси-4-метоксибензойна кислоти, пірогалол, галова кислота, мангі-кроцин, емодин, 2-гідроксиемодин, шафраналь,  $\beta$ -пінен, 1,8-цінеол, пікрокроцин; крокусатини; 3-гідрокси- $\beta$ -іонон, цукри, кальцій, калій, фосфор тощо. До складу ефірної олії шафрану входять піннен, прінеол, жирні олії, вітаміни групи В, флавоноїди, цукри, камеді тощо. Свіжозібрані квітки *C. sativus* містять глікозид протокроцин, який при сушінні розщеплюється до кроцину і пікрокроцину. За даними М.А. Shajari & P.R. Moghaddam (2022), в приймочках переважає кроцин, (Ghanbari et al., 2019) встановили в пелюстках і листках – переважно флавоноїди. В результаті досліджень (Ghanbari et al., 2019) встановлено, що до летких органічних сполук квітки *C. sativus* крім сафраналю входять 11 сполук, серед яких оцтова кислота, 2(5Н)-фуранон, ізобутаналь, фрагмент біогенного альдегіда, 4-кетозіоферон, ацетальдегід, бутиролактон.

Протягом останнього десятиліття проводяться інтенсивні дослідження біохімічного складу органів *C. sativus* та їх алелопатичної активності. Відомо, що *C. sativus* на одному місці може рости до 12 років, але через 5–6 років насадження зріджуються, врожайність приймочок

знижується (Ghanbari et al., 2019). Виділення *C. sativus* мають інгібуючу дію на проростки та досліджені рослини. Основними леткими речовинами шафрану, що мають інгібуючу дію є сафранал, D-лімонен та ізофорон (Mardani et al., 2019). Сафранал (2,6,6-триметил-1,3-циклогексادیєн-1-карбоксальдегід), який є основним компонентом летких сполук шафрану, відомий своєю інгібуючою дією на поділ клітин (Mardani et al., 2019). Виявлена стимулююча дія водного екстракта пелюсток на ріст розсади баклажанів (Khoulati et al., 2020). Перспективністю використання побічних продуктів вирощування шафрану займалися ряд вчених (Lahmass et al., 2018; Shadmehri et al., 2019). Екстракт листків та бульбоцибулин шафрану має алелопатичний вплив на схожість та довжину пагонів і коренів *Datura stramonium* і залежить від фенологічних фаз шафрану (Barkhordari et al., 2018).

При виробництві шафрану на кожен кілограм вироблених спецій залишається близько 53 кг листків оцвітини, що складає до 90 % побічних продуктів, які потрапляють у відходи (Menghini et al., 2018). Наукові дослідження довели, що деякі водорозчинні метаболіти листків оцвітини мають позитивну дію на ріст рослини, впливаючи на активність фотосинтезу (Lahmass et al., 2018).

Дослідження біохімічного складу шафрану, вирощеного в Україні, показав, що за вмістом основних сполук (кроцину, пікрокроцину, шафраналу) сировина відповідає міжнародним нормам ISO 3632 та відносяться до категорії I (Михайленко, 2019). Дослідження алелопатичної активності квіток шафрану в Україні проводили на базі Миколаївського національного аграрного університету. Встановлена стимулююча дія водорозчинних виділень окремих частин квіток *C. sativus* різної концентрації на енергію проростання насіння *L. sativum*. Найвищі показники алелопатичної активності водорозчинних виділень квіток виявлені за концентрації 0,02% (Миколайчук et al., 2021).

### Матеріали та методи

Для встановлення алелопатичної активності водорозчинних та летких виділень частин квіток *C. sativus* квіток різного строку квітання проведені лабораторні дослідження в лабораторіях кафедри рослинництва та садово-паркового господарства Миколаївського національного аграрного університету у 2021 р. Вирощували *C. Sativus* відповідно рекомендацій, ділянка закладена в 2019 р. на базі філії кафедри з координатами 46°58'31" північної широти 31°59'37" східної довготи, на висоті 42 м над рівнем моря. Збір матеріалу для досліджень проводили у третій декаді жовтня 2021 р.

Для дослідження алелопатичної активності частин квіток використовували свіжозібрані квітки, з яких вилучали генеративні органи (тичинки і маточку) відповідно рекомендацій щодо збору сировини шафрану.

Визначення алелопатичної активності водорозчинних та летких виділень окремих частин квітки *C. sativus* на енергію проростання та приріст коренів проростків рослини-біотестора проводили методом біопроб А. М. Гродзинського (1991). Тест-об'єктом було насіння *L. sativum*, яке висівали у стерильні чашки Петрі на фільтрувальний папір, змочений дистильованою водою, і поміщали на 24 години в термостат при температурі +23-24 °С. Придатними для дослідження вважають проростки *L. sativum*, у яких довжина корінця сягає 2 мм.

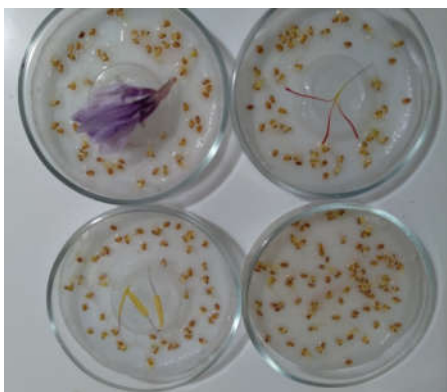
Для виявлення алелопатичної активності генеративних органів *C. sativus* у квіток відділяли фертильні та стерильні елементи (варіанти експерименту: "пелюстки", "квітка", "пелюстки+тичинки", "пелюстки+маточка"). Маса тичинок склала 0,025±0,003 г, маточки – 0,035±0,002 г, пелюстки – 0,376±0,013 та квітка – 0,435±0,016 г. Їх поміщали у дистильовану воду у співвідношенні 1 г дослідженого матеріалу на 100 мл (0,01 %) води і протягом 24 годин тримали при температурі +23-24 °С в термостаті (рис. 1). Розчин фільтрували через фільтрувальний папір № 2. Через добу у чашки Петрі на фільтрувальний папір переносили по 100 проростків *L. sativum* та вносили 3-4 мл фільтрату.



**Рисунок 1.** Закладання дослідів з водорозчинними виділеннями квіток *C. sativus*

*Джерело:* розробка авторів

Для визначення алелопатичної активності летких виділень квітки та її окремих частин, їх видаляли із квітки та поміщали на пластикове підвищення в чашці Петрі. При цьому квітка та її частини не торкалися поверхні фільтрувального паперу, який змочували 3-4 мл дистильованої води і куди переносили 100 проростків *L. sativum* (рис. 2). Чашки Петрі поміщали на 24 години в термостат при температурі +23–24 °С. Експеримент проводили у п'ятикратній повторності.



**Рисунок 2.** Закладання дослідів з леткими виділеннями частин квіток *C. sativus*

*Джерело:* розробка авторів

Для визначення алелопатичної активності летких виділень квіток різного віку використовували бутони, розквітлу квітку та відквітлу квітку, що розквітла 1 добу тому. Експеримент проводили у п'ятикратній повторності (рис. 3).



**Рисунок 3.** Закладання дослідів з леткими виділеннями квіток *C. sativus* різного віку (а – утон, б – розквітла квітка, в – відквітла квітка)

*Джерело: розробка авторів*

За добу за допомогою штангенциркуля вимірювали довжину приросту коренів проростків. Для визначення енергії проростання підраховували відсоток насінин *L. Sativum* із розвиненими коренями через одну добу перебування під впливом летких виділень *C. sativus*.

Енергію проростання визначали як співвідношення між кількістю пророслих насінин до їх загальної кількості у відсотках. Статистичний аналіз отриманих результатів (довжини коренів проростків рослини-біотестора) виконано з використанням програм Microsoft Excel та Statistica 7.0. Визначали середню, мінімальну та максимальну довжину коренів. Ступінь мінливості ознаки визначали відповідно до методики Мамаєва С. А. (1972): дуже низька при <7 %, низька 8–12 %, середня 13–20 %, підвищена 21–30, висока 31–40 та дуже висока >40 %. Графіки були побудовані за допомогою програмного забезпечення Excel 7.0.

Алелопатичну активність визначали за методикою Гродзинського А. М. (1991) як співвідношення між довжиною коренів у досліді до довжини коренів *L. sativum* у контролі (на дистильованій воді), виражене у відсотках.

Для кількісної оцінки алелопатичного ефекту використовували показник індекс алелопатичної активності (RI), який визначали за формулою:

$$RI=1-C/T,$$

де С – показники контролю, Т – показники, отримані в досліді. Якщо  $RI>0$ , то має місце ефект стимуляції,  $RI<0$  свідчить про інгібування.

### Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено, що водорозчинні та леткі виділення квіток *C. sativus* є алелопатично активними. Враховуючи, що при збиранні приймочок *C. sativus* залишається як побічний продукт інші морфологічні елементи квіток (пелюстки, тичинки), постала необхідність визначити алелопатичну активність водорозчинних виділень квіток та їх елементів, які в подальшому можуть вимиватися водою в ґрунт та впливати на інші види рослин та культури в сівозміні. Враховуючи результати досліджень О.О. Михайленко (2019) щодо якості рослинної сировини шафрану, яка отримана в Україні, то вона відповідає міжнародним стандартам ISO 3632 та належить до 1 категорії, вміст шафраналу, кроцину та пікрокроцину не відрізняється від стандартів.

За результатами досліджень встановлено, що водорозчинні виділення квіток *C. sativus* інгібують приріст довжини коренів *L. sativum*, порівняно з контролем (таблиця 1).

**Таблиця 1.** Вплив водорозчинних виділень квітки *C. sativus* на приріст коренів (мм) та енергію проростання (%) *L. sativum* (N = 100)

Варіант	M±m	min-max	Cv, %	Енергія проростання	RI
Контроль (дистильована вода)	8.18±0.49	2.0-18.0	52.5	100	-
Квітка	6.48±0.36	2.0-13.0	49.5	100	-0.26
Пелюстки+маточка	7.75±0.37	2.0-18.0	38.9	99	-0.06
Пелюстки+тичинки	7.29±0.41	2.0-15.0	45.8	100	-0.12
Пелюстки	8.10±0.42	2.0-15.0	45.7	100	-0.01

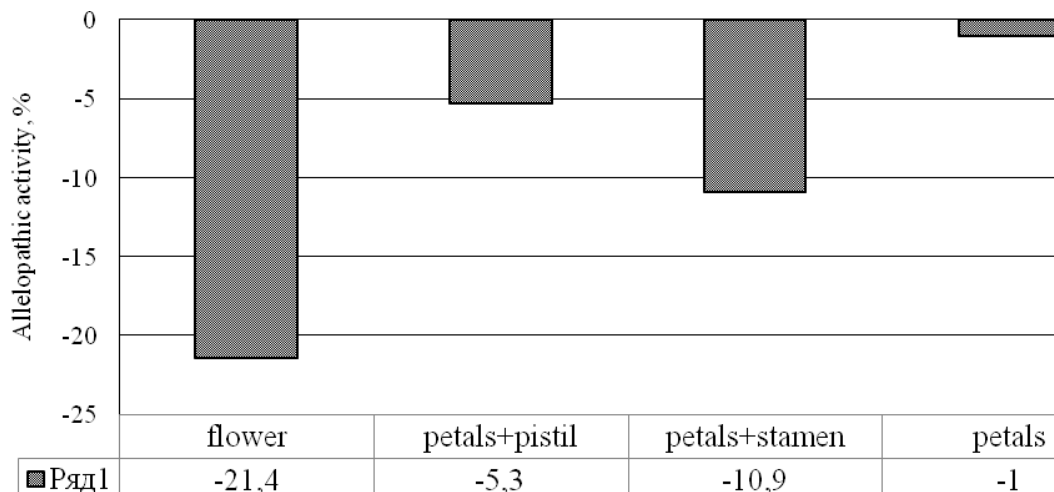
*Джерело: розробка авторів*

Серед варіантів дослідження найбільші показники довжини коренів зареєстровані у варіанті “пелюстки”, а найменші – “квітка”. Статистично значимі відмінності характерні для варіантів “квітка” з контролем, “пелюстки+маточка” та “пелюстки” ( $p<0.05$ ). Коефіцієнти варіації

довжини коренів *L. sativum* знаходиться в межах від високої (“пелюстки+маточка”) (38,9 %) до дуже високої (>40 %), що характерно для інших варіантів. Водорозчинні виділення квітки *C. sativus* та їх частин не впливають на енергію проростання насіння рослини біотестора. Енергія проростання незначно менша у варіанта “пелюстки+маточка”, порівняно з іншими варіантами.

Індекс алелопатичної активності свідчить про те, що водорозчинні виділення квіток *C. sativus* мають негативні показники в межах від -0,26 для квітки з усіма елементами до -0,01 для пелюсток.

Встановлено, що алелопатична активність водорозчинних виділень квітки *C. sativus* та її елементів знаходиться в межах від -21,4 % (“квітка”) до -1,0 %, яка характерна для пелюсток (рис. 4). Порівняння показників алелопатичної активності з індексом алелопатичної активності елементів квітки *C. sativus*, підтверджують, що при різних підходах до їх визначення, які використані нами, водорозчинні виділення квітки та окремих її елементів є алелопатично активними. Аналізуючи одержані результати, можна припустити, що речовини, які викликають інгібування приросту коренів проростків *L. sativum*, знаходяться переважно у тичинках.



**Рисунок 4.** Алелопатична активність водорозчинних виділень квітки *C. sativus*, %

Джерело: розробка авторів

За результатами досліджень встановлено, що леткі виділення окремих частин квітки *C. sativus* мають стимулюючу дію, і їх алелопатична активність знаходиться в межах від 6,4% для летких виділень маточки до 28,8% для летких виділень тичинок порівняно з контролем.

Леткі виділення окремих частин квітки *C. sativus* мають незначну стимулюючу дію на приріст коренів *L. sativum* порівняно із контролем. Довжина коренів проростків переважала контроль у всіх варіантів, але найбільші показники спостерігалися при дії летких виділень тичинок та квітки (28 та 37% відповідно). Найменший приріст довжини характерний при впливі летких виділень маточки (6%). Статистично значимі відмінності характерні для варіантів “тичинки” та “квітка” з контролем ( $p < 0.05$ ), між іншими варіантами достовірної відмінності немає. Довжина коренів у всіх варіантів має високу мінливість, для неї характерний коефіцієнт варіації, який становить >40 %.

Леткі виділення окремих частин негативно впливають на енергію проростання насіння *L. sativum*, яка знаходиться в межах від 57,6% (тичинки) до 72,2% (маточка) і менше контролю на 42,4 та 27,8% відповідно (табл. 2). Одержані нами результати збігаються із результатами

(Mardani et al., 2019) щодо інгібуючої дії летких виділень *C. sativus* на приріст довжини кореня проростків.

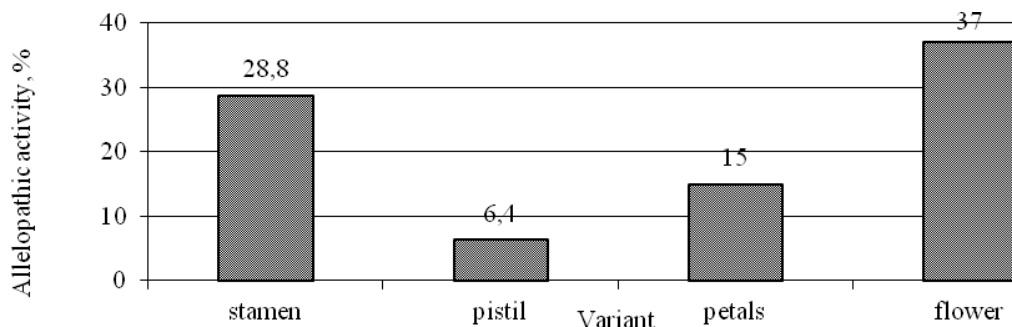
**Таблиця 2.** Вплив летких виділень частин квітки *C. sativus* на приріст коренів (мм) та енергію проростання (%) *L. sativum* (N=100)

Варіант	M±m	min-max	Cv, %	Енергія проростання	RI
Контроль (дистильована вода)	5,66±0,31	2,0-13,0	42,7	100	-
Тичинки	7,29±0,67	2,0-15,0	53,5	57,6	0,22
Маточка	6,02±0,54	2,0-14,0	58,5	72,2	0,06
Пелюстки	6,51±0,54	2,0-13,0	51,3	66,1	0,13
Квітка	7,75±0,37	2,0-18,0	58,0	62,3	0,24

Джерело: розробка авторів

Індекс алелопатичної активності летких виділень окремих частин квітки свідчить, що вони мають стимулюючу дію та знаходяться в межах від 0,06 (маточка) до 0,24 (квітка).

За результатами досліджень встановлено, що леткі виділення окремих частин квітки рослин *C. sativus*, що вирощені в Північному Причорномор'ї, мають стимулюючу дію, яка знаходиться в межах від незначної – 6,4 % (маточка) до середньої – 37,0 % (квітка) (рис. 5). Невисока алелопатична активність летких виділень маточки, на нашу думку, пов'язана з тим, що в ній міститься найбільша кількість фізіологічно-активних речовин (сафраналу, D-лімонену та ізофлорону (Mardani et al., 2019; Shadmehri et al., 2019), які мають інгібуючу дію.



**Рисунок 5.** Алелопатична активність летких виділень частин квітки *C. sativus*, %

Джерело: розробка авторів

Аналіз впливу летких виділень квіток різного ступеню квітування (від бутона до квітки, яка відквітувала) свідчить про їх стимулюючу дію на приріст коренів рослин-біотесторів, порівняно з контролем. Збільшення довжини коренів проростків було в межах від 46,2 % (відкрита квітка) до 65,9% (бутон) порівняно з контролем. Статистично значимі відмінності характерні для варіантів “розквітла квітка” та “відквітла квітка” з контролем та “бутон” з “розквітла квітка” ( $p < 0.05$ ), між іншими варіантами достовірної відмінності немає. Леткі виділення бутона квітки *C. sativus* мають більшу стимулюючу дію на приріст коренів, порівняно з контролем та іншими варіантами (таблиця 3). Коефіцієнти варіації довжини коренів для усіх варіантів є дуже високими (>40 %).

**Таблиця 3.** Вплив летких виділень квітки *C. sativus* різного ступеню квітування на приріст коренів (мм) та енергію проростання (%) *L. sativum* (N=100)

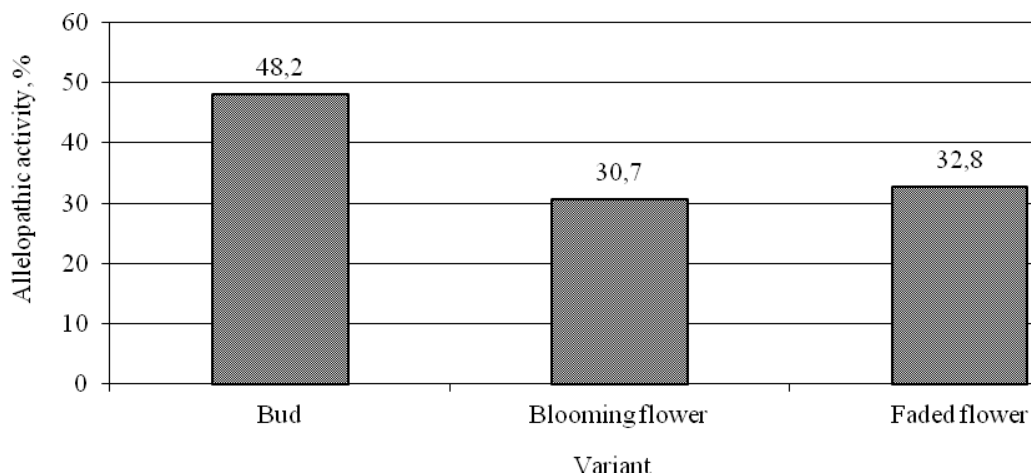
Варіант	M±m	min-max	Cv, %	Енергія проростання	RI
Контроль	5.64±0.43	2.0-20.0	81.3	100	-

Бутон	6.43±0.36	2.0-19.0	55.1	58.8	0.33
Розквітла квітка	7.75±0.37	2.0-18.0	58.0	62.3	0.24
Відквітла квітка	7.29±0.41	2.0-17.0	56.4	57.0	0.27

Джерело: розробка авторів

Леткі виділення квіток *C. sativus* різного ступеню квітування негативно впливають на енергію проростання насіння, яка була меншою від контролю і знаходилася в межах від 43 % (відквітла квітка) до 36,7 % (розквітла квітка) порівняно з контролем (таблиця 3). Одержані нами результати збігаються із результатами досліджень Н. Mardani (2019), щодо інгубуючої дії летких виділень квіток *C. sativus* на окремі процеси у *L. sativum*. При цьому індекс алелопатичної активності летких виділень квіток, який визначали за приростом довжини коренів проростків тест-рослини, має позитивні показники і складає від 0,24 (розквітла квітка) до 0,33 (бутон).

Леткі виділення квіток різного ступеню квітування є алелопатично активними, їх дія стимулююча, а значення знаходяться в межах від 30,7 % (розквітла квітка) до 48,2 % (бутон), порівняно з контролем (рис. 6).



**Рисунок 6.** Алелопатична активність летких виділень квітки *C. sativus* різного ступеню квітування, %

Джерело: розробка авторів

Відомо, що основними чинниками, які спричиняють алелопатичну дію, є вміст у квітках *C. sativus* летких речовин, серед яких виділяють сафронал та інші сполук. Припускаємо, що в бутонах квітка вміст цих сполук найменший, порівняно із розквітлими та відквітлими квітками, тому показники алелопатичної активності летких виділень бутонів переважає контроль та інші варіанти досліджу.

Результати досліджень підтверджують наявність у квіток *C. sativus* біологічно-активних речовин, які мають алелопатичні властивості, це також засвідчується дослідженнями інших вчених Mardani et al., (2019).

За результатами досліджень (Khoulati et al., 2020) встановлено, що водорозчинні виділення оцвітини рослин *C. sativus*, які вирощували в Марокко, активність водорозчинних виділень залежить також від концентрації біологічно активних речовин: за розведення 2 мг/мл стимулює висоту рослин та вміст хлорофілів, але знижує антиоксидантну властивість та вміст малонового діальдегіду. При збільшенні концентрації до 3 мг/мл спостерігається зворотній ефект: гальмування росту рослин і збільшення концентрації аскорбінової кислоти. На підставі цього



автори пропонують враховувати ці явища і використовувати водні екстракти за розведення 2 мг/мл оцвітини (пелюсток) як біостимулятори. Водорозчинні виділення пелюсток *C. sativus*, які вирощували в Північному Причорномор'ї України, при розведенні 1 г/100 мл дистильованої води мають незначну інгібуючу дію на проростки рослин-біотесторів. При цьому вони не впливають на енергію проростання насіння рослини біотестора. Цей показник незначно менший у варіанта "пелюстки+маточка", порівняно з іншими варіантами. Отримані результати співпадають із результатами досліджень (Abbasi-Alikamar et al., 2007), яким встановлено, що пелюстки квіток *C. sativus* істотно не впливають на схожість рослин.

На думку (Serrano-Díaz et al., 2013) гальмування або стимулювання росту рослин водорозчинними виділеннями частин квітки *C. sativus* залежить від вмісту в них різних сполук (амінокислоти, волокна та необхідні мінеральні речовини), що стимулюють ріст.

Дослідження (Feizi et al., 2018) показали, що алелопатична активність рослин *C. Sativus* визначається не лише концентрацією розчинів, а й органами рослин (квітка, бульбоцибулина, листки). Результати досліджень показали, що листки і цибулини *C. Sativus* мали інгібуючий вплив на проростання та показники життєдіяльності насіння сафлору та цукрових буряків. Збільшення концентрації витяжки знижувало всі характеристики проростання, включаючи відсоток і швидкість проростання, гіпокотиль, довжину сходів і корінців, масу сходів і корінців, а також індекс життєдіяльності насіння досліджуваних культур. Тому існує ймовірність алелопатичної дії усіх органів рослин *C. Sativus* на рослини, які культивуються в сівозміні з ним.

(Barkhordari et al., 2018) визначили, що водні та спиртові екстракти флавоноїдів різних органів шафрану, незалежно від фази росту та розвитку рослин, мають алелопатичний потенціал, впливаючи на ознаки проростання насіння *Datura stramonium*. Так, концентрація та фенологічна стадія шафрану мали значний вплив на відсоток схожості *Datura stramonium*, але основний вплив типу органу на цю ознаку був незначним. Водний екстракт шафрану не мав суттєвого впливу на проростання *Datura stramonium* на стадії утворення нових цибулин у концентрації 2 г/л, але в концентрації 4 г значно знижував проростання насіння.

Результатами досліджень (Kheirabadi et al., 2020) встановлено, що бульбоцибулини *C. sativus* також мають речовини, що спричиняють алелопатичну дію. Так, алелопатична активність залишків бульбоцибулини і ґрунтових водних екстрактів на проростання насіння салату показали, що найвище інгібування було пов'язане з екстрактом витяжки бульбоцибулини. Мінімальний відсоток схожості (82,0% & 86,5%) отримано в екстрактах з концентрацією 75% і 100% відповідно. Середній час проростання насіння салату значно збільшився щодо різних концентрацій водного екстракту бульбоцибулини. Поєднання активованого вугілля та залишків бульбоцибулини зменшувало середній час проростання. Однак суттєвих відмінностей у середньому часі проростання насіння виявлено не було. Довжина корінця та гіпокотилу не показала значних коливань відповідно до різних концентрацій розчинів. Алелопатичний ефект залишків бульбоцибулин шафрану спричинив дисбаланс росту між пагоном і корінням салату. За даними біохімічних аналізів, використання адсорбентів підвищило вміст каротиноїдів та хлорофільний індекс салату на 23,33% та 5,25% відповідно.

Отримані результати свідчать, що в умовах Північного Причорномор'я України водорозчинні та леткі виділення рослин *C. sativus* мають алелопатичні властивості. Подальші дослідження повинні встановити вплив виділень інтродуцента на поширені в агроценозах України культури, можливості зниження негативного впливу на них та вивчення явища ґрунтовими на багаторічних насадженнях *C. sativus*.

### Висновки

Дослідження алелопатичної активності водорозчинних та летких виділень квіток рослин *C. sativus*, вирощених в агрокліматичних умовах Північного Причорномор'я України, проводилися

вперше, тому отримані нами результати є оригінальними. Встановлено, що водорозчинні виділення квіток та їх елементів не мають негативного впливу на енергію проростання насіння *L. sativum*, однак виявлено, що вони інгібують приріст коренів проростків рослини-біотестора. Найбільші показники інгібування характерні для водорозчинних виділень квітки з усіма морфологічними елементами, найменші – для пелюсток (-21,4 та -1,0 % відповідно).

Леткі виділення квіток *C. sativus* гальмують енергію проростання насіння *L. sativum* на 42,4 та 27,8 % порівняно з контролем у варіантів впливу виділень тичинок та маточки. Однак леткі виділення окремих елементів квітки мають стимулюючу дію на приріст коренів, які знаходяться в межах 6-28,8%. Індекс алелопатичної активності летких виділень окремих частин квітки свідчить про їх стимулюючу дію та знаходиться в межах 0,06-0,24.

Водорозчинні виділення квіток мають стимулюючу дію на енергію проростання проростків *L. sativum*, але інгібуючу на приріст коренів тест-рослин та мають негативні алелопатичну дію й індекс алелопатичної активності.

Встановлено, що леткі виділення квіток *C. sativus* різного ступеню квітання гальмують енергію проростання насіння, більшу гальмуючу дію порівняно із контролем мають відквітла квітка та бутон, показники яких на 43,0 та 36,7 % менше контролю. Однак вони стимулюють приріст коренів проростків порівняно з контролем від 46,2% (відкрита квітка) до 65,9 % (бутон). Індекс алелопатичної активності складає від 0,24 (розквітла квітка) до 0,33 (бутон).

Водорозчинні та леткі виділення квіток *C. sativus*, що вирощені в Північному Причорномор'ї, є алелопатично активними. Їх дія стимулююча та інгібуюча на енергію проростання та приріст коренів проростків *L. sativum*.

Подальші дослідження алелопатичної активності рослин *C. sativus* повинні встановити їх вплив на поширені польові культури Півдня України, в першу чергу – пшеницю озиму.

### References

- [1] Abbasi-Alikamar, R., Eskandari, M., Tatari, M. & Ahmadi, M.M. (2007). The effect of water extract of Saffron's petals on germination and seedling growth of wheat (cultivar: Azar2). *Acta Hortic.* 739, 209-214. doi:10.17660/ActaHortic.2007.739.26.
- [2] Barkhordari, K., Sorooshzadeh, A., & Mokhtassi, B.A. (2018). Allelopathic effect of extraction solution of leaves and corms of saffron (*Crocus sativus*) in phenological stages on seed germination of jimson weed (*Datura stramonium*). *Journal of Biotechnology*, 9(2), 233-239.
- [3] Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2019). Evaluation of corm origin and climatic conditions on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 5858-5869. doi:10.1002/jsfa.9860.
- [4] Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Serano, L., Cicco, N., & Candido, V. (2020). The influence of soil physical and chemical properties on saffron (*Crocus sativus* L.) growth, yield and quality. *Agronomy*, 10(8), article number 1154. doi:10.3390/agronomy10081154.
- [5] Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., Candido, V. (2020). Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae*, 272, article number 109560. doi:10.1016/j.scienta.2020.109560.
- [6] Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., Molina, R.V., Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., & Candido, V. (2021). *Crocus sativus* L. Ecotypes from Mediterranean countries: Phenological, morpho-productive, qualitative and genetic traits. *Agronomy*, 11(3), article number 551. doi:10.3390/agronomy11030551.
- [7] Chen, D., Xing, B., Yi, H., Li, Y., Zheng, B., Wang, Y., & Shao, Q. (2020). Effects of different drying methods on appearance, microstructure, bioactive compounds and aroma compounds of saffron (*Crocus sativus* L.). *LWT*, 120, 1-7. doi:10.1016/j.lwt.2019.108913.

- [8] Feizi, H., Salari, A., & Gharari, F. (2018). Study of the allelopathic effect of saffron (*Crocus sativus* L.) organs' aqueous extract on the seed germination and seedling growth of sugar beet and safflower at different concentrations. *Journal of Medicinal and Spice Plants*, 22 (4), 156-161.
- [9] Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G., & van Ruth, S.M. (2019). Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm provenance on its agro-morphological traits and bioactive compounds. *Scientia Horticulturae*, 256, article number 108605. doi:10.1016/j.scienta.2019.108605.
- [10] Grodzinsky, A.M. (1991). *Alelopathy of plants and soil fatigue*. Kiev: Science thought.
- [11] Jadouali, S.M., Atifi, H., Mamouni, R., Majourhat, K., Bouzoubaâ, Z., Lakhnifli, A., & Faouzi, A. (2019). Chemical characterization and antioxidant compounds of flower parts of Moroccan *Crocus sativus* L. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 476-480. doi:10.1016/j.jssas.2018.03.007.
- [12] Kheirabadi, M., Azizi, M., Taghizadeh, S.F., & Fujii, Y. (2020). Recent advances in saffron soil remediation: activated carbon and zeolites effects on allelopathic potential. *Plants*, 9(12), article number 1714. doi:10.3390/plants9121714.
- [13] Khoulati, A., Ouahhoud, S., Mamri, S., Meziane, M., Choukri, M., Asehraou, A., Saalaoui, E. (2020). Valorization of Moroccan *Crocus sativus* L. by-products: Foliar spraying of aqueous tepal extract stimulates growth and confers antioxidant properties in Eggplant Seedling under Greenhouse Conditions. *BioMed Research International*, article number 8812157. doi:10.1155/2020/8812157.
- [14] Lahmass, I., Ouahhoud, S., Elmansuri, M., Sabouni, A., Elyoubi, M., Benabbas, R., Choukri, M., & Saalaoui, E. (2018). Determination of antioxidant properties of six by-products of *Crocus sativus* L. (saffron) plant products. *Waste and Biomass Valorization*, 9(8), 1349-1357.
- [15] Mamaev S.A. (1972). *Forms of intraspecific variability of woody plants*. Kyiv: Science.
- [16] Mardani, H., Maninang, J., Appiah, K.S., Oikawa, Y., Azizi, M., & Fujii, Y. (2019). Evaluation of biological response of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and weeds to safranin allelochemical of saffron (*Crocus sativus* L.) by using static exposure method. *Molecules*, 24, 1788-1082. doi:10.3390/molecules24091788.
- [17] Menghini, L., Leporini L., Vecchiotti G., & Locatelli, M. (2018). *Crocus sativus* L. stigmas and byproducts: Qualitative fingerprint, antioxidant potentials and enzyme inhibitory activities. *Food Research International*, 109, 91-98. doi:10.1016/j.foodres.2018.04.028.
- [18] Mykhailenko, O.O. (2019). Investigation of the biological active compounds of *Crocus sativus* L stigmas (saffron) from Ukraine. *Pharmaceutica*, 74(6), 70-76. doi:10.32352/0367-3057.6.19.08.
- [19] Mykolaichuk, V.G., Korolyova, O.V., & Korkhova, M.M. (2021). Allelopathic activity of water-soluble secretions of *Crocus sativus* L. (Iridaceae) flowers when introduced in the Northern Black Sea Region. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*, 6(3), 340-346. doi:10.26693/jmbs06.03.340.
- [20] Mzabri, I., Rimani, M., Charif, K., Kouddane, N., & Berrichi, A. (2022). Effect of shade on agro-morphological parameters and weed flora of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation in the Semiarid Zone of Eastern Morocco. *Scientific World Journal*, 15, article number 9954404. doi:10.1155/2022/9954404.
- [21] Nemati, Z., Harpke, D., Gemicioglu, A., Kerndorff, H., & Blattner, F.R. (2019). Saffron (*Crocus sativus* L.) is an autotriploid that evolved in Attica (Greece) from wild *Crocus cartwrightianus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 136, 14-20. doi:10.1016/j.ympev.2019.03.022.
- [22] Serrano-Díaz, J., Sánchez, A.M., Martínez-Tomé, M., Winterhalter, P., & Alonso, G.L. (2013). A contribution to nutritional studies on *Crocus sativus* flowers and their value as food. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(1), 101-108.

- [23] Shadmehri, A.A., Namvar, F., Miri, H., Yaghmaei, P., & Moghaddam, M.N. (2019). Cytotoxicity, antioxidant and antibacterial activities of *Crocus sativus* L petal extract. *International Journal of Research in Applied and Basic Medical Sciences*, 5(1), 69-76.
- [24] Siney, S. M. A., Jolgeh, A. A., Behroozeh, M., & Soltani, M. (2020). Evaluation of planting date and corm weight effects on flower, stigma and daughter corms characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under South Kerman climatic conditions. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 8(1), 3-18. doi:10.22048/JSAT.2019.168153.1334
- [25] Shajari, M.A., & Moghaddam, P.R. (2022). Are the apocarotenoids content and colorimetric traits of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by some post harvesting operations? *Journal of Stored Products Research*, 97, article number 101967. doi:10.1016/j.jspr.2022.101967.
- [26] Shajari, M.A., & Moghaddam, P.R. (2022). Are the apocarotenoids content and colorimetric traits of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by some post harvesting operations? *Journal of Stored Products Research*, 97, article number 101967. doi:10.1016/j.jspr.2022.101967.
- [27] World Bank. (2021). *Ukraine: Building climate resilience in agriculture and forestry*. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36939>.