

**О.О. ХОДАНЦЬКА, В. Г. КУР'ЯТА**

**ДІЯ ХЛОРМЕКВАТХЛОРИДУ І ТРЕПТОЛЕМУ  
НА МОРФОГЕНЕЗ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА  
ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД НАСІННЯ  
ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**



**ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБІНСЬКОГО**

**ХОДАНІЦЬКА ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА  
КУР'ЯТА ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ**

**ДІЯ ХЛОРМЕКВАТХЛОРИДУ І ТРЕПТОЛЕМУ  
НА МОРФОГЕНЕЗ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА  
ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД НАСІННЯ  
ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**

**ВІННИЦЯ**

**2017**

УДК [581.143:661.162.65/66]:582.681.6

X 69

**Рецензенти:**

**Корнійчук О.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України

**Фурман Ю.М.** - доктор біологічних наук, професор Вінницького державного педагогічного університету імені М. Коцюбинського

*Рекомендується до друку рішенням Вченої ради  
Вінницького державного педагогічного університету  
імені Михайла Коцюбинського від «25» жовтня 2017 (протокол № 4)*

**X 69 Ходаніцька О.О., Кур'ята В.Г.**

Дія хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез, продуктивність та жирнокислотний склад насіння льону олійного. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – 148 с.

ISBN 978-966-924-642-4

У монографії узагальнено літературні й експериментальні дані щодо впливу регуляторів росту і розвитку рослин на процеси морфогенезу та продуктивність льону олійного. Розглянуто питання впливу різних за напрямком дії препаратів – інгібітора росту хлормекватхлориду та стимулятора розвитку трептолему на анатомічну організацію фотосинтетичного апарату і стебла, ростові процеси, врожайність, вміст і якісні характеристики лляної олії, а також на накопичення та перерозподіл вуглеводів й елементів мінерального живлення в рослинах льону.

Для фізіологів рослин, агрономів, викладачів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

УДК [581.143:661.162.65/66]:582.681.6

ISBN 978-966-924-642-4

© О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята, 2017

© Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського, 2017

## ЗМІСТ

	<b>Стор.</b>
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ В РОСЛИННИЦТВІ</b> .....	12
1.1. Загальна характеристика регуляторів росту та механізми їх дії у рослині.....	12
1.2. Вплив ретардантів на процеси росту і розвитку рослин.....	22
1.3. Регуляція росту і розвитку рослин за дії синтетичних стимуляторів росту.....	33
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	43
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення дослідів.....	43
2.2. Об'єкти дослідження.....	47
2.3. Характеристика препаратів та регламенти їх застосування в досліді.....	50
2.4. Методи досліджень.....	52
<b>РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ МОРФОГЕНЕЗУ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ</b> .....	57
<b>РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ДИНАМІКУ ВМІСТУ ВУГЛЕВОДІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ В ОРГАНАХ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО</b> .....	73
4.1. Перерозподіл різних форм вуглеводів між органами рослин льону за дії інгібіторів та стимуляторів росту.....	73
4.2. Вплив регуляторів росту на вміст азоту, фосфору і калію в органах рослин льону олійного.....	79
<b>РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИН ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ</b> .....	88
5.1. Вплив регуляторів росту з різним напрямком дії на продуктивність рослин олійного льону.....	88

	5
5.2. Якісні характеристики лляної олії за дії регуляторів росту рослин.....	97
5.3. Економічна та енергетична ефективність технології вирощування льону олійного.....	105
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	114
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	117

## ВСТУП

Основним завданням сучасного аграрного виробництва є пошук ефективних методів покращення продуктивності сільськогосподарських культур [96]. Аналіз тенденцій розвитку світового рослинництва свідчить, що одним із шляхів вирішення проблеми високих та стабільних врожаїв є застосування новітніх технологій з використанням синтетичних регуляторів росту рослин [22, 65, 217]. Дана група сполук дає можливість спрямовано регулювати окремі етапи онтогенезу з метою мобілізації потенційних можливостей рослинного організму, що впливає на урожайність та якість сільськогосподарської продукції [177].

За своєю природою регулятори росту є аналогами або модифікаторами гормонального статусу рослин [39, 66, 262, 242]. До даних препаратів належать природні фітогормони, їх синтетичні аналоги або композиційні препарати, які містять збалансований комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин, мікроелементів, що активно включаються в обмін речовин та призводять до видимих змін у рості і розвитку [95, 98, 112].

З метою інтенсифікації процесів гісто- та морфогенезу застосовують стимулятори росту [10, 112]. Фітогормони та їх синтетичні аналоги зумовлюють прискорення проліферації та диференціації клітин, внаслідок чого формується більш розгалужена коренева система, змінюється анатомо-морфологічна організація листка. Потужний асиміляційний апарат здатний забезпечити активний синтез пластичних сполук, потік яких спрямовується до генеративних органів, що підвищує урожайність культур. У практиці сільського господарства використовують як стимулятори, так й інгібітори розвитку рослин – ретарданти [51, 94]. Як правило, на фоні змін донорно-акцепторних відносин у рослині ретарданти уповільнюють процеси росту. Зменшення потреби у пластичних речовинах для вегетативного росту призводить до накопичення асимілятів та їх наступного перерозподілу у бік господарсько важливих органів [52, 62].

Застосування синтетичних регуляторів росту впливає на інтенсивність та спрямованість фізіологічних процесів [51, 111], кількість і якість врожаю, стійкість до водного дефіциту [101, 167] та екстремальних температур [48, 168].

При використанні синтетичних рiстрегулюючих сполук необхідно враховувати видову специфічність культури, сортові відмінності, фази розвитку рослин та ґрунтово-кліматичні умови [65]. Ефективність застосування регуляторів росту та екологічне навантаження на навколишнє середовище визначається дотриманням регламентів внесення препаратів [125]. Сьогодні створені регулятори росту рослин нового покоління, які характеризуються високою ефективністю і екологічною безпекою. Вони активізують основні процеси життєдіяльності рослин – мембранні процеси, поділ клітин, ферментні системи, фотосинтез, процеси дихання і живлення, а також сприяють підвищенню біологічної та господарської ефективності рослинництва [112].

Літературні дані щодо дії стимуляторів й інгібіторів розвитку рослин на ріст і врожайність багатьох олійних та технічних культур, а також регламентів застосування препаратів мають суперечливий характер [43, 249, 251]. При цьому всебічного дослідження впливу різних типів рiстрегулюючих сполук та їх сумішей на фізіолого-біохімічні процеси, особливості морфогенезу, продуктивність цих культур практично не проводилося.

Впродовж багатьох десятиріч провідною олійною культурою в Україні є соняшник, меншою мірою ріпак [72]. Проте їх посіви занадто виснажують ґрунт, що призводить до порушення мінерального забезпечення, змін мікробіологічного фону [140]. Можливою альтернативою соняшнику є льон олійний – цінна рентабельна культура, гарний попередник для багатьох сільськогосподарських рослин. Короткий вегетаційний період та посухостійкість льону дозволяють розширити посіви, збільшити виробництво рослинних олій без погіршення стану земель [75, 134].

Олійний льон (кучерявець) – це посухостійка, скоростигла рослина, здатна давати високі врожаї насіння, з якої отримують одночасно й волокно [34, 50]. Насіння олійного льону містить до 50% цінної олії, багатой ненасиченими жирними кислотами, близько 20-30% білку, 12-20% вуглеводів, а також каротин, калій, кальцій, магній, залізо, цинк [15, 79, 83]. Останнім часом з короткого льоноволокна одержують котонізоване, бавовноподібне, для виробництва змішаних льонобавовняних тканин, медичної вати [50]. Продукти його переробки використовують в харчовій, фармацевтичній, хімічній, легкій, парфумерній, електротехнічній, авіаційній промисловості, для виготовлення дієтичних продуктів, текстильних виробів, лаків, фарб, як сировинна база біопалива [73, 230, 239]. Льон має кормову цінність: у макусі міститься 6-12% жиру і 38% протеїну, а поживність її 1 кг становить 1,2 к.о. Ляний шрот містить ряд незамінних амінокислот і не потребує екструзії [140].

У зв'язку з тим, що внутрішні потреби у ляній олії невеликі, український ринок льону більшою мірою орієнтовано на експорт. Поступово збільшують площі посіву олійного льону в Степу і Лісостепу [50, 110].

Сучасний стан розвитку сфери виробництва і переробки льонопродукції в Україні досить складний [75, 171]. Розвиток галузі льонарства неможливий без виробництва високоякісної конкурентно-спроможної продукції [43, 50]. Це значною мірою залежить від використання нових сортів льону і економічно доцільних прийомів вирощування, здатних забезпечувати високі врожаї насіння. На теперішньому етапі необхідне застосування доступних і недорогих засобів мінерального живлення та оптимізації технології вирощування, важливим елементом якої стає використання регуляторів росту та розвитку рослин [14, 171].

Дослідженнями інших авторів встановлено залежність кількості та якості врожаю льону від строків і способів сівби, мінерального живлення, метеорологічних умов вирощування, можливість використання синтетичних регуляторів росту для покращення продуктивності культури [34, 74, 75, 171].



Разом з тим, вплив регуляторів росту з різним механізмом дії на морфологічні показники рослин льону, динаміку накопичення пластичних речовин, урожайність та олійність насіння, його якісні характеристики залишаються практично не вивченими.

Аналіз тенденцій розвитку світового рослинництва свідчить, що одним із шляхів вирішення проблеми високих та стабільних урожаїв є застосування новітніх технологій з використанням регуляторів росту рослин [2, 22]. Дана група сполук дає можливість спрямовано регулювати окремі етапи онтогенезу з метою мобілізації потенційних можливостей рослинного організму, що впливає на урожайність та якість сільськогосподарської продукції. Відомо, що регулятори росту на основі фітогормонів та модифікаторів їх дії впливають на функціонування донорно-акцепторних відносин в рослині, а встановлення закономірностей росту та розвитку за дії фізіологічно активних сполук сприяє розробці ефективних методів підвищення врожайності та поліпшення якості сільськогосподарської продукції [48, 67, 96]. Разом з тим, питання впливу різних класів рістрегулюючих препаратів на особливості онтогенезу, перерозподілу пластичних сполук залишаються недостатньо дослідженими.

Сучасні сорти льону олійного характеризуються скороченням вегетаційного періоду, посухостійкістю, не осипанням та збільшенням вмісту олії в насінні [83, 111]. У зв'язку з цим значний практичний інтерес має вивчення можливості впливу регуляторів росту на продуктивність, олійність насіння льону та якісні характеристики олії.

Для культури льону важливим є питання стійкості до вилягання. Незважаючи на широке застосування регуляторів росту класу ретардантів для попередження вилягання зернових [25, 98, 181], дані щодо підвищення стійкості олійних культур зустрічаються лише в окремих публікаціях [189, 194, 203, 244, 251, 264]. Питання щодо формування стебла льону та особливості його анатомічної організації, що лежать в основі стійкості до вилягання рослин льону олійного при застосуванні рістрегулюючих

препаратів залишаються маловивченими, що визначає необхідність подальших досліджень в цьому напрямку. Окрім того, застосування синтетичних регуляторів росту рослин повинно супроводжуватися суворим контролем залишкового вмісту препаратів в продукції, дотриманням екологічної безпеки використання препаратів. Регламенти застосування регуляторів росту повинні базуватися на дотриманні сучасних токсиколого-гігієнічних нормативів, забезпечувати максимальний приріст врожаю за мінімального негативного впливу на навколишнє природне середовище. В зв'язку з цим, важливим є також вивчення залишкових кількостей препаратів, що застосовуються, в продукції.

Метою досліджень було з'ясувати вплив різних за напрямком дії регуляторів росту і розвитку – хлормекватхлориду і трептолему на ростові процеси, розвиток, продуктивність і якісні характеристики олії насіння льону олійного, а також розробити ефективні регламенти застосування препаратів в умовах Правобережного Лісостепу України з урахуванням сучасних токсиколого-гігієнічних вимог.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Встановити онтогенетичні зміни гісто- і морфогенезу рослин льону олійного за дії хлормекватхлориду та трептолему.
2. Дослідити особливості трофічного забезпечення морфогенезу, перерозподілу вуглеводів, азотвмісних сполук і елементів мінерального живлення під впливом хлормекватхлориду і трептолему, встановити зміни продуктивності фотосинтезу за дії регуляторів росту.
3. Провести оцінку насінневої продуктивності льону олійного у зв'язку із змінами характеру донорно-акцепторних відносин у рослині за дії регуляторів росту, з'ясувати їх вплив на якісні характеристики лляної олії, її жирнокислотний склад.
4. Розробити фізіологічно обґрунтовані регламенти застосування хлормекватхлориду і трептолему в умовах Правобережного Лісостепу

України на культурі льону олійного з метою підвищення продуктивності з урахуванням сучасних гігієнічних нормативів.

5. Оцінити економічну та біоенергетичну ефективність технологічних заходів з вирощування льону олійного.

## **РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ В РОСЛИННИЦТВІ**

### **1.1. Загальна характеристика регуляторів росту та механізми їх дії у рослині**

Серед ключових напрямків сучасної фітофізіології в центрі уваги залишається розкриття механізмів гормональної регуляції фізіологічних функцій та інтеграції фізіологічних процесів у рослинних системах різного рівня в процесі онтогенезу та адаптації до несприятливих абіотичних і біотичних факторів [96]. Основним напрямком вирішення подібних фундаментальних проблем є дослідження росту і розвитку рослин за впливу фізіологічно активних речовин, в тому числі синтетичних регуляторів росту.

Під регуляторами росту розуміють синтетичні й природні органічні хімічні речовини, яким властива біологічна активність і які в невеликих кількостях, у мікродозах, викликають зміни у фізіологічних та біохімічних процесах, у продуктивності сільськогосподарських культур [48]. Вони дозволяють цілеспрямовано регулювати процеси росту і розвитку рослин, ефективніше реалізувати потенційні можливості сортів та гібридів, закладених у геномі природою, селекційним чи генетично-інженерним шляхом [112].

За механізмом впливу більшість синтетичних регуляторів росту рослин об'єднують у групи [94, 145]:

- 1) препарати, пов'язані з метаболізмом ауксинів та реалізацією їхньої фізіологічної активності (аналоги ауксинів, антиауксини, інгібітори транспорту);
- 2) препарати, пов'язані з метаболізмом та реалізацією фізіологічної активності гіберелінів (аналоги, інгібітори синтезу і транспорту);
- 3) препарати, пов'язані з метаболізмом етилену (етиленпродуценти);
- 4) регулятори росту і розвитку рослин цитокінінової природи;

- 5) активатори та інгібітори обміну речовин (стимулятори дихання, фотосинтезу, синтезу каротиноїдів та хлорофілів тощо).

Такий поділ для ряду сполук залишається умовним, значною мірою це стосується антистресових препаратів і регуляторів метаболізму, оскільки механізм їх дії складний та множинний [145].

Прийнято ототожнювати регулятори росту рослин зі стимуляторами, проте в рослинництві провідну роль часто відіграють фізіологічно активні препарати не стимулюючої, а інгібуючої дії: гербіциди, ретарданти, дефоліанти, препарати для пролонгації зберігання тощо [95].

Ретарданти – це синтетичні інгібітори росту рослин антигіберелінового механізму дії [63]. Вони неоднорідні за своєю хімічною будовою, властивостями та характером впливу на рослинний організм. В результаті дії на рослину ретарданти викликають подібний ефект – уповільнюють поділ і розтягування клітин, що призводить до гальмування росту в цілому [62, 125, 138, 177]. Але дія ретардантів не обмежується гальмуванням лінійного росту. Так, сучасні препарати використовують з метою запобігання вилягання злакових [39, 93, 95, 97, 117, 120, 211], посилення росту кореневої системи [48, 49], регулювання процесів плодоношення і дозрівання культур [47, 122], підвищення продуктивності рослин [22, 25, 46, 116] та їх стійкості до несприятливих факторів середовища [75, 76, 176, 220, 270].

На сьогодні найбільш широко використовують наступні групи антигіберелінових препаратів [62]:

- 1) четвертинні амонієві (онієві) сполуки (хлормекватхлорид, бромхолінбромид, йодхолінйодид, мепікватхлорид, АМО 1618, фосфон D, морфол, пікс) [94, 193, 246, 256];
- 2) гідрозидпохідні препарати, утворені на основі гідрозиду малеїнової кислоти (ГМК, натрію ГМК) та N,N-диметилгідрозиду бурштинової кислоти (ДЯК, В-9, алар-85, кілар-85) [32, 94, 137, 185];

- 3) триазолпохідні сполуки (паклобутразол, уніконазол, азовіт, амідол, піридазин (BAS-111), тебуконазол) [196, 251, 258, 259, 264];
- 4) етиленпродуценти (2-ХЕФК, етефон, гідрел, дигідрел, кампозан М, декстрел, етрел) [181, 250, 265];
- 5) ізобутирати (ДХІБ, МЕНДОК, ФВ-450, тебепас [168, 180, 255];
- б) пентанолпохідні препарати (триапентанол, флурпірамідол) [251].

Незважаючи на те, що антигіберелінові препарати об'єднуються за здатністю гальмувати ріст рослин, вони відрізняються за способом впливу. Так, за механізмом дії виділяють ретарданти, які переривають синтез фітогормонів, та препарати, які перешкоджають функціонуванню вже синтезованих гіберелінів, інгібуючи утворення гормон-рецепторного комплексу [95].

Хлорхолінхлорид (ССС) зумовлює специфічні реакції четвертинних амонієвих сполук за рахунок триметиламонію. Комплексний йон  $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{R}$  активний, якщо радикал представлений Br, Cl або  $\text{CH}_2$ . Заміщення хоча б однієї метильної групи в молекулі призводить до інактивації сполуки [94].

Встановлено, що дія хлорхолінхлориду виявляється, головним чином, у гальмуванні розтягнення клітин субапикальної меристеми. ССС інгібує біосинтез гіберелінів, дефіцит яких стає причиною уповільнення росту розтягненням [94]. Виявлено, що препарат спочатку перешкоджає включенню гіберелінів у метаболізм, після чого перериває його утворення у рослині [32]. Так, ССС впливає на активність ферментних систем синтезу попередників гібереліну, блокуючи утворення геранілгераніолпірофосфату та перетворення копалілпірофосфату в каурен [22, 145].

Відмічено здатність ССС впливати на активність цитокінінів. Так, підвищення активності поділів клітин субапикальної меристеми у поперечному напрямку, що призводить до потовщення стебла, пов'язують зі зростанням активності цитокінінів [94, 145].

Фізіологічна активність гідразидпохідних препаратів зумовлюється їх здатністю впливати на клітинний цикл та структурною подібністю гідразиду малеїнової кислоти до урацилу, що призводить до конкуренції за місце зв'язування в РНК, блокування синтезу ДНК [137]. В цьому, очевидно, і полягає основна причина гальмування росту пагонів та індукція стану спокою бруньок під впливом препарату [95].

Змінюючи функціонування генетичного апарату, гідразид малеїнової кислоти впливає на окремі групи генів та інгібує процеси біосинтезу нуклеїнових кислот [48]. Важливо відмітити і структурну подібність препарату з фенольними сполуками рослинної клітини, які беруть участь в утилізації ауксину [137].

ГМК повільно включається в метаболічні процеси, які призводять до зміни хімічної структури, що обумовлює його пролонговану дію [48]. Зниження фізіологічної активності цієї групи регуляторів росту залежить від ступеню вбудовування ГМК до клітинних стінок та утворення досить стабільних комплексів з  $\beta$ -D-глюкозидами фенольних сполук, а також з гуміновими і фульвіновими кислотами [22, 137].

Для триазолпохідних препаратів характерні властивості як регуляторів росту, так і фунгіцидів. Якщо триазоли існують у вигляді енантіомеру з R-конфігурацією при хіральному атомі вуглецю, який несе ОН-групу, то це визначає їх фунгіцидні властивості. Якщо ж енантіомери з S-конфігурацією при цьому ж атомі вуглецю, то такі триазоли є інгібіторами гіберелінів [196]. Важливою характеристикою ретардантів триазолового ряду є екологічна безпечність та низька токсичність.

Триазолпохідні препарати істотно впливають на гормональний статус рослини. Встановлено, що препарати цієї групи переривають ферментативний синтез гіберелінів одразу в трьох точках [183, 196, 260]. Так, похідні триазолу гальмують перетворення геранілгеранілпірофосфату в копалілпірофосфат і надалі в ент-каурен, як і деякі четвертинні амонієві солі. Крім цього, вони пригнічують перетворення ент-каурену в ент-кауренол,

ент-кауренолу через ент-кауреналь в кауренову кислоту, з чим пов'язана їх висока ретардантна активність стосовно росту стебла і проростання насіння багатьох рослин [196, 260]. В окремих роботах відзначається, що триазолпохідні препарати впливають на вміст абсцизової кислоти (АБК) у рослинах [62, 214].

При застосуванні триазолпохідних сполук у рослинництві відбувається гальмування лінійного росту стебла у злакових, бобових [102, 261] та ряду овочевих культур [219], формуються рослини з міцним габітусом, підвищується продуктивність рослин [116]. На плодових культурах успішно використовують паклобутразол для затримки росту вегетативних частин [51]. Відомо також про вплив триазолів на анатомію, морфологію та фотосинтетичний апарат сої, кукурудзи [187]. У препаратів цієї групи виявлено відсутність базипетального напрямку руху [117, 200, 267].

Широкого застосування серед інших регуляторів росту набули етиленпродуценти. Етилен, як ендогенний гормон, приймає участь у регуляції процесів вегетативного росту і старіння органів рослини [116]. Перспективність використання етиленпродуцентів визначається тим, що препарати, створені на основі 2-хлоретилфосфонової кислоти (2-ХЕФК), розкладаються з виділенням вільного етилену [62, 265].

На відміну від інших груп ретардантів, етиленпродуценти не впливають на синтез гіберелінів, але здатні інгібувати активність вже синтезованих гормонів за рахунок блокування утворення гормон-рецепторного комплексу, оскільки введення екзогенної гіберелової кислоти не здатне нівелювати рістгальмуючий ефект препаратів [95, 250]. Етиленпродуценти швидко розкладаються і мають більш короткий час дії.

Етилен викликає затримку мітотичного процесу в меристемах вегетативних органів, що спричиняється блокуванням синтезу ядерної ДНК [25]. Використання етилену зумовлює зменшення розмірів клітини у довжину та збільшення її ізодіаметричних розмірів, що призводить до



вкорочення і потовщення міжвузлів [64, 265]. Етилен є індуктором цвітіння та дозрівання плодів, прискорює старіння, в'янення та опадання листків [47].

Етиленпродуценти потрапляють у рослину через покриви листків, стебла та плодів і акумулюються у зонах активного росту та метаболізму [61, 232].

У препаратах, утворених на основі 2,3-дихлорізобутирату (ДХІБ), діючою речовиною є 2,3-дихлорізомасляна кислота та її натрієва сіль. Існує два різні механізми ретардантної дії ДХІБ. Перший – безпосереднє гальмування біосинтезу гіберелової кислоти (ГК) на етапі утворення кауренової кислоти з каурену та їх транспорту у рослині [168, 180, 255]. Другий механізм пов'язаний із синтезом  $K_0A$ . При високих дозах ДХІБ викликає гальмування активності ферменту, який бере участь у перетворенні пантоїнової кислоти в пантотенову, і тим самим впливає на утворення  $K_0A$ . Тому поряд із блокуванням синтезу гіберелінів дія ДХІБ може мати і інше походження, оскільки  $K_0A$  бере участь у біосинтезі мевалонової кислоти – попередника гіберелінів [179].

У рослині препарат переміщується з транспіраційним током і концентрується в листках. У дослідях з проростками пшениці і гороху було виявлено, що тканини рослин володіють високою здатністю до адсорбції ДХІБ [179].

Препарати на основі ДХІБ впливають на водний режим та інтенсивність фотосинтезу, використовують для підвищення стійкості рослин до вилягання [168, 180]. Вплив ретарданту на зростання водоутримуючої сили листків пояснюють підвищенням гідрофільності молекул цитоплазми і дією препарату на біополімери клітинних стінок [179].

До регуляторів росту інгібіторного типу відносять пентанолпохідні препарати. Найбільш вивченим є триапентанол, відомий під комерційною назвою баронет, який за своїми ретардантними властивостями подібний до паклобутразолу. Його використовують на посівах рису, ріпаку, картоплі для

підвищення стійкості рослин до вилягання та зменшує втрати урожаю під час збирання [116, 194, 237].

На сьогодні в Україні дозволений до використання ретардант хлормекватхлорид (фірма “BASF AG”, Німеччина) [93, 105, 107]. Встановлено, що препарат не має канцерогенних властивостей, не накопичується в організмі та виводиться протягом двох діб. У ґрунті хлормекватхлорид розпадається на холінхлорид, холін та бетаїн, які є природними продуктами метаболізму [62]. Окремі літературні дані свідчать, що препарат зумовлював фітотоксичну дію на формуючі елементи квіток озимого ріпаку, що в наступному зменшувало урожайність [256].

На відміну від інгібіторів росту рослин, вплив стимуляторів розвитку пов'язаний з інтенсифікацією процесів поділу та розтягування клітин, їх диференціації, підвищенням проникності міжклітинних мембран, посиленням процесів живлення, дихання та фотосинтезу. За їх впливу підвищується енергія проростання і польова схожість насіння, прискорюється наростання зеленої маси та кореневої системи, а тому більш інтенсивно використовуються поживні речовини ґрунту, мінеральні добрива, зростає стійкість рослин до екстремальних температур, посухи, хвороб [112]. Застосування регуляторів росту стимулюючої дії дозволяє повніше реалізувати потенційні можливості рослин, регулювати строки дозрівання, поліпшувати якість продукції та підвищувати врожаї сільськогосподарських культур [124].

Стимулятори росту рослин – це природні фітогормони або їх синтетичні аналоги, що здатні ініціювати зміни у онтогенезі рослин, результатом яких є оптимізація продуктивності рослин [2].

За напрямком фітогормонального впливу розрізняють наступні групи стимуляторів росту рослин:

1. Препарати, створені на основі гіберелінів, їх синтетичні аналоги (ГК<sub>3</sub>, гіберсиб, гібрелат, активол) [5, 51];

2. Препарати на основі ауксинів та їх аналогів (гетероауксин, 2,4-дихлорфеноксимасляна кислота (2,4-Д), індолілоцтова (ІОК) та нафтилоцтова кислоти (НОК), їх похідні) [5, 51, 78, 236, 241];
3. Цитокінінові регулятори росту (кінетин, 6-бензиламінопурин (6-БАП), дифеніл сечовина, цитодеф, бензимидазол) [6, 54, 142, 143, 144];
4. Брасиностероїди (епібрасинолід, гомобрасинолід, епін) [19, 39, 55, 167, 199, 221];
5. Інгібітори етилену (авігліцин і його гідрохлорид, амінооксіоцтова кислота (АОК), 1-метилциклопропен, ризобітоксин) [176, 202];
6. Препарати, створені на основі органічних кислот – саліцилової, жасмонової, бурштинової [58, 174, 213, 233, 243].

Як правило, сучасні препарати є комплексними та становлять собою збалансовані композиції природних і синтетичних фітогормонів, органічних кислот, мікроелементів, які активізують основні фізіологічні процеси у рослинах [124].

Ефективність практичного застосування синтетичних стимуляторів росту і розвитку рослин визначається тим, що вони структурно схожі з нативними фітогормонами, проявляють аналогічну дію, однак не ідентичні їм, тому більш стабільні в рослинному організмі і характеризуються пролонгованою в часі дією [10, 120].

Практично не існує регуляторів росту універсального типу, які б впливали на розвиток рослин на всіх етапах онтогенезу [93, 176]. Фізіологічна дія фітогормональних препаратів залежить від їх концентрації, співвідношення, строків та способів внесення, видових та сортових особливостей культури [47, 94].

В основі механізму дії стимуляторів росту рослин лежать особливості впливу превалюючого у препараті нативного фітогормону або його синтетичного аналогу.

Гібереліновмісні препарати беруть участь в регуляції утворення стебла. В основі цього ефекту лежить активація гіберелінами поділу та розтягування клітин. Тому у практиці сільського господарства гіберелінові препарати використовують для підвищення врожаю зеленої маси [51]. Вплив гіберелінів на розтягування пов'язаний з утворенням білка клітинної стінки екстенсину та підвищенням активності ферментів. Дія аналогів гіберелінів супроводжується різними фенотиповими проявами – цвітіння рослин довгого дня в умовах короткого дня, утворення партенокарпічних плодів та їх ріст (для рослин винограду, томату, цитрусових, груші), порушення стану спокою та проростання бульб, синхронне проростання насіння злакових культур [100, 176].

Препарати на основі ауксинів стимулюють ріст розтягуванням і клітинні поділи, за рахунок явища апікального домінування регулюють пересування речовин по рослині, є обов'язковим елементом координації процесів морфогенезу [98]. На даний час найбільш широкого використання синтетичні ауксини набули при вегетативному розмноженні культур, що важко вкорінюються, та для відновлення кореневої системи при пересадці великих рослин завдяки здатності посилювати коренеутворення [236].

Ауксинвмісні препарати впливають на сексуалізацію квітів, затримку цвітіння. Зовнішнє внесення ауксинів попереджує раннє опадання плодів, запобігає утворенню відокремлювального шару у плодоніжках. Крім цього, їх застосовують для отримання партенокарпічних плодів, проріджування квіток і зав'язей у плодових [120, 241]. Незначні концентрації ауксинів прискорюють ріст рослин, проте високий вміст препаратів гальмує збільшення лінійних розмірів, зокрема 2,4-Д може застосовуватися як гербіцид селективної дії [122].

Стимулятори цитокінінового ряду зумовлюють поділ і диференціацію клітин [94]. Поряд із ауксинами та гіберелінами вони є одним із компонентів поживних середовищ у біотехнології, необхідні для індукції органогенезу при вирощуванні рослин у культурі тканин [98]. За допомогою цих сполук

можна впливати на формування органів та цвітіння рослин в умовах несприятливого фотоперіодичного режиму [170]. За допомогою цитокінінових регуляторів росту зменшується апікальне домінування, в результаті чого різко зростає ступінь галуження, кущіння рослин [10]. Синтетичні аналоги використовують з метою затримки старіння листків, до яких спрямовується потік метаболітів, що сприяє уповільненню розпаду хлорофілів та білків у старіючих листках [51].

Регулятори цитокінінової природи підвищують стійкість зернових культур до посухи, захворювань і низьких температур, здійснюють захисний вплив на апарат білкового синтезу [76, 143]. Практичне використання синтетичних аналогів цитокінінів пов'язане із індукцією цвітіння і зсувом вираженості статі рослин з утворенням більшої кількості жіночих квіток [122].

Одними з важливих регуляторів онтогенезу рослин є препарати, створені на основі брасиностероїдів. Їх біосинтез проходить через стадії, спільні для інших біологічно активних сполук: ізопентенілпірофосфат, геранілпірофосфат, сквален. Брасини (подібно до ауксинів) впливають на проростки, посилюючи розтягнення, однак їх вплив на роботу  $H^+$ -помпи більш уповільнений та триваліший [22]. Ефект розтягнення зумовлений активацією ферментів, які при взаємодії з ксилоглюканами розм'якшують матрикс клітинної стінки [199]. Тобто ауксини запускають процес розтягнення, а брасиностероїди підтримують його.

Залежно від концентрації брасиностероїди здатні активізувати або уповільнювати ростові процеси, а також підвищувати стійкість рослин до низьких і високих температур [268]. Вони змінюють в рослинах баланс фітогормонів – гіберелінів, цитокінінів і ауксинів, підвищують врожайність культур у стресових ситуаціях, їхню стійкість до хвороб, знижують поглинання рослинами радіонуклідів і важких металів [221]. Стійкість рослин до несприятливих факторів середовища за дії епібрасиноліду

пов'язують з накопиченням в точках росту гормону стресу – абсцизової кислоти [55, 169, 221].

Таким чином, регулятори росту і розвитку рослин відрізняються за хімічним складом та механізмами впливу, але їх дія на рослини пов'язана з індукуванням змін у гормональному комплексі рослини. Разом з тим, літературні дані про можливість впливу на баланс гормонів у рослині за рахунок екзогенних регуляторів розвитку висвітлюють проблему лише частково, що зумовлює необхідність подальшого проведення досліджень.

## **1.2. Вплив ретардантів на процеси росту і розвитку рослин**

Одним з перспективних напрямків рослинництва є створення ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур на основі використання сучасних ефективних регуляторів росту рослин [3]. Вплив ретардантів на процеси росту та розвитку пов'язаний з їх дією на окремі ланки метаболізму рослинних клітин, що спричинює зміни у функціонуванні фотосинтетичного апарату, в активності білкового і вуглеводного обміну, інтенсивності дихання.

Сучасні літературні дані свідчать, що під впливом регуляторів росту відбуваються зміни в морфогенезі оброблених рослин. Так, найбільш характерною властивістю ретардантів є гальмування лінійного росту осьових органів рослин [203, 245, 259, 262]. Це пояснюється тим, що хлормекватхлорид блокує біосинтез гібереліну, в результаті чого уповільнюється поділ та розтягування клітин субапикальної меристеми при активному функціонуванні апікальної меристематичної зони, і як наслідок – інгібується ріст рослини у довжину, сповільнюється диференціація конуса наростання [48, 62, 94]. Найбільш чутливими до дії ретардантів виявилися рослини з довгим стеблом, які повільно і безперервно ростуть. Менш чутливими є рослини, які здатні утворювати органи відкладання запасних поживних речовин: бульби, кореневища, коренеплоди [117].

За допомогою ретардантів вдається регулювати ріст і розвиток багатьох сільськогосподарських культур. Рістгальмуючий ефект хлорхолінхлориду на зернових супроводжувався збільшенням діаметра стебла за рахунок посилення поділу клітин паренхіми, збільшення кількості судинно-волокнистих пучків, підвищення міцності нижніх міжвузлів. Під дією хлорхолінхлориду збільшувався вміст клітковини та лігніну в соломині [73]. Підвищеною реакцією на препарат характеризувалися високорослі сорти, схильні до вилягання, проте не спостерігалось порушень у формуванні зерна, не змінювалися його посівні якості [39, 47, 117, 215].

Ретарданти-етиленпродуценти, триазолпохідні, четвертинні амонієві солі широко використовуються як ефективні сполуки для захисту зернових культур проти полягання. Дія препаратів залежить від умов навколишнього середовища, родючості ґрунту, часу і способу обробітку та виду рослин [45, 94, 120, 223].

Використання хлорхолінхлориду, дигідрелу, кампозану М, сумішей кампозану М, хлорхолінхлориду, дигідрелу, 2,4-Д на зернових сприяло збільшенню урожаю за рахунок підвищення стійкості посівів до вилягання та можливості механізованого збирання врожаю [85, 117]. В окремих випадках застосування кампозану, туру у сумішах з 2,4-Д на посівах озимих культур призводило до утворення коліноподібної форми стебла навесні. Це пов'язано з видовженням першого міжвузля і недостатнім його потовщенням [46, 181].

Встановлено, що триазолпохідні препарати уповільнюють ріст стебел різних видів рослин у значно менших концентраціях, ніж інші ретарданти [117]. При обробці кукурудзи паклобутразолом спостерігалось зменшення стебла в довжину, збільшення його діаметра та покращення стійкості [187, 218]. Інший триазолпохідний ретардант BAS III сповільнював ріст рослин ячменю, ріпаку, гороху, що супроводжувалося покращенням структури листків, зниженням швидкості їх старіння, кращим розвитком кореневої системи, зменшенням вмісту гіберелінів [214, 216, 249].

Паклобутразол при внесенні в ґрунт проявляв інгібіторний вплив на ріст жита, сої, сорго, проса, соняшнику, зменшував ступінь полягання рослин, кут нахилу стебла, сприяв укріпленню механічних тканин [181, 197, 206, 218, 252, 264]. Триазоли здійснюють рістгальмуючий вплив на ріст пагонів 3-9-річних дерев клена, тополі, ясена, яблуні та інших [259].

Стабільним проявом дії етиленпродуцентів, ССС на пшеницю, жито, ячмінь є затримка росту міжвузлів і часткове пригнічення апікального домінування головних пагонів, яке призводить до стимуляції розвитку бічних стебел і формування у них продуктивного колосу [116, 132]. Вплив препаратів зумовлював підвищення вмісту хлорофілу у листках пшениці, ячменю, картоплі, що пов'язано із збільшенням синтезу пігменту та затримкою його руйнування [94, 176].

Вищі рослини розглядають як єдину донорно-акцепторну систему, функціонування якої в значній мірі визначається генетичною програмою розвитку [51, 66, 92]. Ключову роль у формуванні продуктивності рослин, а особливо господарсько цінних її частин, відіграють процеси накопичення і перерозподілу асимілятів. Ці процеси контролюються складною системою фітогормональних зв'язків між органами-донорами і органами-споживачами асимілятів [22, 62, 177]. Донорами асимілятів є фотосинтезуючі органи, перш за все, листки, а решта частин рослини виступають в ролі акцепторів [140].

Одним з центральних факторів, які визначають продуктивність рослин, є процеси формування листової поверхні. Літературні дані свідчать, що під впливом різних за механізмом дії ретардантів листова поверхня у рослин малини зменшувалася. Однак зменшення площі і маси листків пов'язане із зменшенням частоти поділів клітин, а не їх розмірів, що викликане зниженням активності вільних гіберелінів у листках [62].

Листок стає експортером асимілятів тоді, коли досягає високої фотосинтетичної активності та утворення асимілятів перевищує власні



потреби на ріст і дихання. Тому перехід листка до донорної функції співпадає з позитивним балансом вуглеводів в листку [92].

Вплив ретардантів на фотосинтетичний апарат рослин визначається сортовими особливостями, способами внесення та дозами препаратів [122, 212]. Так, внесення ССС та етрелу на культурі картоплі в період цвітіння зумовлювало суттєве збільшення асиміляційної поверхні, тоді як застосування ретардантів у інші фази розвитку не призводило до помітних змін. Із збільшенням концентрації препарати не впливали на процес листкоутворення, але сприяли формуванню дрібних листків, що призводило до зниження загальної площі листової поверхні [25, 130]. Збільшення кількості листків у картоплі супроводжувалося змінами їх розмірів. У рослин сорту Білоруський ранній за дії хлорхолінхлориду та кампозану зменшувалася площа листків, але не знижувалася фотосинтетична продуктивність рослин, збільшувалася товщина листових пластинок за рахунок збільшення мезофільних та епідермальних клітин [25].

Встановлено, що обробка яблуні хлорхолінхлоридом і кампозаном М у одних випадках призводила до зменшення загальної площі листка, а в інших – до збільшення листової поверхні [86].

При вивченні впливу ССС, декстрелу, паклобутразолу на будову листка цукрового буряка, картоплі, озимого ріпаку встановлено зменшення сумарної площі листків на рослині, що супроводжувалося одночасним їх потовщенням за рахунок розростання хлоренхіми [62, 63, 64]. Спостерігалось збільшення об'єму клітин стовпчастої паренхіми майже у 1,5 раза [125]. Авторами виявлено, що в основі уповільнення росту листка лежить інгібування активності маргінальних меристем, а не фази розтягнення клітин хлоренхіми [62, 138].

При вивченні дії водного стресу і хлорхолінхлориду на рослини кукурудзи було виявлено, що в листовому апараті збільшувався вміст хлорофілів а і b, каротиноїдів та вільних амінокислот, особливо проліну [95].

При обробці рослин сої розчинами етрелу, паклобутразолу збільшувався вміст хлорофілу в листках, підвищувалась активність ферментів амінокислотного обміну [25]. Дія різних концентрацій препарату 2-ХЕФК на тютюн посилює розпад хлорофілу у верхніх листках під час їх дозрівання [94].

В якості донорів і акцепторів можуть розглядатися не лише органи чи тканини, але й процеси фотосинтезу і дихання [62, 114]. Ретарданти дають можливість регулювати направленість фотосинтетичних процесів. Зокрема, хлорхолінхлорид зменшував інтенсивність фотосинтезу у рослин пшениці та ячменю [193]. Триазолпохідні препарати здійснювали аналогічний вплив на рослини редьки, мандарину [122, 197].

Дослідження впливу хлорхолінхлориду, декстрелу та паклобутразолу на чисту продуктивність фотосинтезу картоплі свідчать, що на ранніх стадіях розвитку даний показник збільшувався, а пізніше зберігався на рівні контролю [25, 139]. Авторами встановлено, що збільшення швидкості асиміляції оброблених рослин може бути пов'язано із більш раннім бульбоутворенням, в результаті чого відбувався відтік вуглеводів.

Попередніми дослідженнями встановлено суттєвий вплив ретардантів на перерозподіл асимілятів у рослині. Так, застосування ССС зумовлювало збільшення притоку  $C^{14}$ -асимілятів з листка в міжвузля стебел озимої пшениці [25]. Водночас посилювався відтік асимілятів у ростучий колос і в кореневу систему за рахунок значного скорочення довжини стебла [116]. Використання паклобутразолу, декстрелу і хлормекватхлориду на рослинах ріпаку та соняшника призводило до зменшення вмісту цукрів та посилення гідролізу білків у тканинах вегетативних органів внаслідок більш інтенсивного відтоку пластичних речовин до насіння [125, 126].

З літературних джерел відомо, що рістгальмуючий вплив ретардантів супроводжується змінами у процесах газообміну рослин. Так, обробка малини декстрелом та паклобутразолом призводила до зменшення інтенсивності фотосинтезу та збільшення дихальних витрат рослиною [62].

За дії препаратів зростали витрати на фотодихання і темнове дихання у рослин цукрового буряка, встановлено збільшення мезофільного опору листків, що призводило до зменшення інтенсивності фотосинтезу [63, 64].

Застосування хлормекватхлориду призводило до збільшення дихальних витрат в проростків гарбуза, що росли у темряві та на світлі, приблизно у 1,5 раза порівняно з контролем [51]. Аналогічні результати були отримані для проростаючих бульб картоплі за дії паклобутразолу [70]. Використання хлорхолінхлориду на рослинах пшениці призводило до зменшення інтенсивності дихання [146].

За дії ретардантів ріст надземної частини рослин обмежується більшою мірою, ніж ріст кореневої системи. Ретарданти впливають не лише на ростові процеси в корені, але і сприяють збільшенню кількості відростаючих коренів [48]. Так, ССС гальмує ріст надземних органів і накопичення вегетативної маси пшениці, одночасно посилюючи приріст кореневої системи, а препарат 2,4-Д активує коренеутворення у рослин капусти [47].

Вирішальне значення для формування врожаю має азотне живлення рослин. При обробці рослин озимої пшениці ССС виявлено зниження вмісту азоту та уповільнення накопичення білків, застосування суміші хлормекватхлориду з 2,4-Д призводило до збільшення концентрації азоту [28]. У досліджах з проростками пшениці хлорхолінхлорид зумовлював збільшення азоту в коренях та зменшення його вмісту в надземній частині проростків [118]. ССС сприяв накопиченню білка в коренях моркви, одночасно знижуючи його вміст у листках [7].

У рослин кормового люпину застосування ССС призводило до посиленого накопичення білкового азоту в пагонах. Проте підвищення концентрації препарату знижувало кількість білку у рослині [91]. Обробка бавовнику ретардантом пікс сприяла утворенню волокна за рахунок збільшення вмісту білка в листках [1]. Хлорхолінхлорид зменшував вміст

білкового, аміачного та нітратного азоту у бобових, водночас вміст амідної форми нітрогену збільшувався [94, 252, 261].

Обробка рослин цукрового буряка хлормекватхлоридом сприяла зростанню вмісту азоту у листках і коренеплодах майже вдвічі [22], декстрел та паклобутразол збільшували вміст білкового та зменшували вміст небілкового азоту в листках [178]. Під впливом гідрелу посилювався відтік азоту з вегетативних органів ярої пшениці до лусочок та зернівок [130].

Вплив ретардантів на рослини чорноплідної горобини призводив до зменшення вмісту фосфору та калію в стеблах і листках у період активного росту пагонів. Збільшення вмісту цих елементів у листках спостерігалось після закінчення плодоношення, що пояснюється притоком в листки елементів мінерального живлення внаслідок завершення періоду росту та формування плодів [62]. За дії паклобутразолу вміст азоту та фосфору в бульбах картоплі зменшувався. На кінець вегетації спостерігалось зменшення вмісту калію в листках картоплі, що свідчить про уповільнення транспорту асимілятів від місць синтезу до бульб [16, 139].

Обробка цукрового буряка етиленпродуцентами збільшувала вміст фосфору в листках і зменшувала його кількість у коренеплодах [177], хлормекватхлорид підвищував вміст калію та кальцію в листках [178].

При використанні ССС відмічалось збільшення кількості кальцію у вегетативних органах озимої пшениці і зменшення його у колосі, підвищувалось засвоєння фосфору коренями кукурудзи, відмічалися зміни в кількості кальцію, магнію, марганцю, заліза в листках та плодах вики і квасолі [51, 95]. За дії етиленпродуцентів фосфорний обмін у яблуках осінніх та зимових сортів відбувався більш інтенсивно, що сприяло регуляції дозрівання плодів [121].

Рістгальмуючий ефект етиленпродуцентів супроводжується стимуляцією цвітіння та розвитку плодів, не впливаючи на їх якість [48]. Так, гідрел, декстрел, етрел, кампозан прискорювали дозрівання малини. Період швидкого розм'якшення ягід при їх дозріванні пов'язаний з деполімеризацією

високомолекулярних фракцій пектинів і низькомолекулярних фракцій целюлози первинних клітинних оболонок [62, 63]. Застосування морфонолу на бавовнику запобігає появі пізніх плодоеlementів, опаданню сформованих коробочок. Однак обробка тютюну етрелом уповільнювала цвітіння рослин [250].

Використання ретардантів у рослинництві дозволяє керувати формуванням кількості квіток і зав'язей, якістю та дозріванням плодів картоплі, томатів, огірків, капусти, моркви та ряду інших овочевих культур [122]. Управління статтю рослин є одним із ефективних шляхів підвищення продуктивності для культур, у яких величина врожаю обмежена кількістю жіночих квіток. При застосуванні хлорхолінхлориду, гідрелу, дигідрелу формувалося значно менше тичинкових квіток у рослин огірка. Посилення фемінізації квіток покращувало продуктивність культури до 40% порівняно з контролем [10]. У кабачків збільшення кількості жіночих квіток досягається обробкою рослин етрелом [144].

Ретарданти покращують якість розсади овочевих культур. Так, обробка рослин томатів ССС гальмує переростання розсади, сприяє утворенню низькорослих рослин з міцним габітусом. При цьому активується ріст кореневої системи, прискорюється дозрівання плодів [48, 95]. При внесенні гідрелу відмічається прискорення плодоношення і збільшення раннього та загального урожаю томатів [135].

Застосування ретардантів на плодovих деревах дає можливість запобігти ранньому опаданню плодів, синхронізувати дозрівання плодів [49, 227, 259].

Використання регуляторів росту – один з ефективних шляхів підвищення врожайності та якості продукції сільськогосподарських культур. Попередніми дослідженнями встановлено, що зміна донорно-акцепторних відносин під впливом ретардантів в рослинах сприяє реалізації потенційної продуктивності зернових культур [46, 116, 245]. ССС сприяє підвищенню урожаю завдяки кращій виповненості зерна, збільшенні маси 1000 насінин,

кампозан підвищує урожайність зерна шляхом більшої продуктивності бічних стебел, бензилоксиетиламонійхлорид покращує схожість насіння ячменю [116].

Ретарданти зумовлюють покращення продуктивності плодово-ягідних культур [47, 227]. Інгібітори росту рослин сприяють формуванню компактної крони у черешні, вишні, сливи, прискорюють цвітіння у яблуні [47, 48, 235].

Ретарданти ССС, кампозан, паклобутразол, етефон зумовлюють помітне гальмування росту вегетативних органів картоплі та збільшують врожайність і вихід посівної фракції бульб картоплі [16, 25, 138].

Використання паклобутразолу і декстрелу на посівах ріпаку зумовлювало зростання кількості листків на рослині, укорочення та потовщення стебла, підвищення насінневої продуктивності та збільшення вмісту олії в насінні [125]. Застосування флурпірамідолу, триапентанолу, мепікватхлориду забезпечувало синхронізацію дозрівання, менше розтріскування плодів [186]. Внесення хлормекватхлориду на гірчиці у фазу початку цвітіння сприяло збільшенню врожайності за рахунок посилення продуктивного галуження стебла, збільшення кількості стручків, маси 1000 насінин [246].

Літературні дані вказують на можливість підвищення вмісту олії у насінні за допомогою ретардантів [224, 226]. Так, олійність насіння гірчиці зростала при застосуванні хлормекватхлориду [246]. Обробка соняшнику ССС та препаратами 2-ХЕФК змінювала вміст ліпідів у насінні незначно [191, 228, 264, 269]. Внесення паклобутразолу на рослинах *Brassica carinata* стимулювало зростання вмісту білка, крохмалю та розчинних цукрів у насінні і зменшувало вміст олії [251].

Важливим практичним завданням сільськогосподарського виробництва є регуляція періодом спокою рослин, що дає змогу мінімізувати втрати резервних сполук коренеплодів, бульб та підвищити їх стійкість до ураження мікрофлорою [48, 65]. Дослідження стану спокою бульб картоплі, цибулин,

коренеплодів свідчить, що застосування ретардантів сприяє зменшенню втрат овочів при тривалому зберіганні [55].

У попередні роки для подовження періоду спокою у картоплі широко використовувалися гідрел, дигідрел, гідразид малеїнової кислоти, алар [47, 222]. Ретарданти-донори етилену посилювали синтез АБК в меристематичних тканинах бульб картоплі, що сприяло сповільненню росту [235]. За дії паклобутразолу відмічалось зменшення довжини паростків, їх потовщення та збільшення об'єму клітин паренхіми у первинній корі та серцевині паростків, що свідчить про інгібування ретардантом активності меристем [65]. При вивченні особливостей перерозподілу резервного крохмалю з бульб картоплі в паросток виявлено посилене утворення амілопластів у паростках за дії паклобутразолу [70].

Встановлено, що антигіберелінова дія ретардантів при проростанні насіння злаків реалізується через зміни фітогормонального комплексу. Так, внесення хлорхолінхлориду зумовлювало збільшення концентрації абсцизової та індолілоцтової кислот, зменшення кількості гіберелінів і цитокінінів у проростках ячменю [132].

Ретарданти позитивно впливають на водний статус рослин та є ефективним засобом регуляції структурно-функціональних властивостей рослин в умовах водного дефіциту [3, 6, 271]. Застосування хлорхолінхлориду покращувало водний обмін у рослин томатів, при цьому збільшувалася кількість зав'язей на рослині після пересадки їх у відкритий ґрунт [77]. В умовах надмірного зволоження обробка рослин пшениці дигідрелом і ССС призводила до збільшення площі листків, сприяла більш інтенсивній транспірації у рослинах. За цих умов зменшення маси 1000 насінин компенсувалося збільшенням кількості зернин у колосі [5]. Хлорхолінхлорид знижував потребу у воді рослин соняшника в умовах посухи [101, 141].

Встановлено здатність дихлорізобутиратів покращувати водний режим зернових культур, підвищувати стійкість рослин в умовах дефіциту вологи

[168, 180]. У дослідях з проростками пшениці, гороху, машу і квасолі було виявлено, що розчин ретарданту різко зменшував надходження і особливо витрати води, відмічалось зниження інтенсивності транспірації свіжих і в'янутих листків, підвищення водоутримуючої сили листків і черешків [179]. Швидкість надходження та віддачі води клітиною за дії ретардантів визначається підвищенням гідрофільності молекул цитоплазми, конформаційними перетвореннями білків і біополімерів клітинних стінок [104, 180].

Літературні дані свідчать, що ретарданти підвищують стійкість рослин до несприятливих умов середовища, зокрема, до екстремальних температур. Так, під дією препарату BAS 111 W відмічалось покращення посухо- та зимостійкості рослин ріпаку за рахунок кращого розвитку кореневої системи та накопичення вуглеводів [220]. У вегетаційних дослідях під впливом препаратів ССС та алару при обробці на стадії утворення кошика покращувались посухостійкість і урожайність рослин соняшнику [269, 270].

Підвищення стійкості зернових до низьких температур з допомогою ССС та етрелу пов'язано з більш глибоким розташуванням в ґрунті вузла кушіння рослин. При допосівному обробітку насіння спостерігається двофазність в дії ретарданта: інгібування росту в осінній період і його стимуляція в весняно-літній період [76, 176].

Обробка малини хлорхолінхлоридом, паклобутразолом і декстрелом сприяла більш інтенсивному формуванню механічних тканин, накопиченню в них лігніну, що є важливою складовою підготовки рослин до осінньо-зимового спокою [62]. Ефект підвищення морозостійкості яблунь під впливом ретардантів залежить від віку рослин. Для 4-6-річних дерев досить однієї обробки на 5 років, для старших рослин – один раз на 3 роки. Найефективнішим є застосування тура та у суміші з етрелом, гідрелом, кампозаном [48, 100].

Отже, літературні дані свідчать, що різні групи ретардантів дозволяють покращити умови збирання та зберігання продукції, регулювати строки



дозрівання і підвищувати врожаї сільськогосподарських культур. Оптимізація продуктивності рослин за впливу рістрегулюючих речовин пов'язана зі змінами гормонального статусу. Разом з тим, отримані дані обмежені, носять суперечливий характер, що визначає необхідність подальших досліджень проблеми.

### **1.3. Застосування стимуляторів росту рослин для покращення продуктивності сільськогосподарських культур**

Біологічно активні сполуки нативного походження та їх аналоги належать до числа найбільш перспективних препаратів, здатних зумовлювати рістрегулюючий та імуностимулюючий вплив на рослини [36]. Сучасні стимулятори росту являють собою продукти метаболізму рослин і грибів та дозволяють підвищувати продуктивність, покращувати адаптивні можливості рослин до несприятливих умов середовища, впливати на родючість ґрунтів [36, 117, 121]. Тому дослідження впливу екзогенних регуляторів росту рослин має важливе теоретичне і практичне значення для розуміння закономірностей онтогенезу рослин.

Гібереліни – найбільша та однорідна за хімічним складом група фітогормонів, більшість з яких є кислотами [48]. Гіберелінові кислоти (ГК) посилюють поділ та розтягування клітин. Вплив стимуляторів росту рослин на основі гіберелової кислоти спрямований на функціонування інтеркалярних меристем [22, 266]. Так, при обробці злаків гіберелінвмісними препаратами рослини значно витягуються, знижується механічна міцність соломини, стебла вилягають [13, 115, 245, 254].

Відомо, що у процесі проростання насіння злакових культур гібереліни стимулюють виділення зародком в ендосперм  $\alpha$ -амілази, що призводить до розщеплення крохмалю [28, 235]. У соняшника, гарбуза гібереліноподібні сполуки стимулюють розщеплення запасних жирів у насінні та їх окиснення до вуглеводів, у бобових мобілізують гранули запасних білків [59, 70, 71].

Гіберелінові стимулятори росту використовують для підвищення енергії проростання насіння редису, буряка, проса, кукурудзи, томатів [121, 254]. Обробка проростків ячменю ГК призводила до змін у балансі ендогенних фітогормонів, збільшуючи вміст цитокінінів та етилену у листках [133].

Літературні дані щодо впливу гіберелінів на співвідношення сухої та сирої маси рослин суперечливі. Так, препарат гіберсиб збільшував суху масу рослин конюшини, томатів, огірків, але зменшував – у капусти і гороху [8, 13]. За дії гіберелінівмісних речовин збільшувалась маса надземної частини рослин озимої пшениці, буряка [115].

Гібереліни впливають на цвітіння ряду рослин. Використання препаратів прискорює цвітіння рудбекії, каланхое, моркви. Обробка ГК<sub>3</sub> сприяла збільшенню кількості чоловічих рослин у коноплі, призводила до чоловічої стерильності кукурудзи, рису [170]. Вплив гіберелінів на стать рослин залежить від генетичної лінії. Так, використання стимулятора на томатах (*Lycopersicon esculentum*) дикорослого типу призводило до утворення значної кількості гнізд у зав'язях. У мутантів томату *stamenless*, позбавлених тичинок, ГК<sub>3</sub> зумовлювала нормалізацію андроцею [170, 254].

Гіберелінові регулятори росту призводили до зростання кількості та площі листків у рослин огірка [13], картоплі [80], проса [121], редису та буряка [122]. Гіберелінова кислота посилювала інтенсивність фотосинтезу в конюшини, сої, рису, кукурудзи, томатів [8, 144].

Важливим практичним ефектом застосування гіберелінових препаратів є покращення урожайності культур. Встановлено, що аналоги гіберелінів підвищують врожай цибулі, картоплі [79, 80], баклажанів, пшениці, ячменю, рису [115]. Проте обробка ГК конюшини, сої зумовлювала видовження рослин та зменшувала врожайність [8].

Оприскування безнасінних сортів винограду ГК у фазу цвітіння призводить до проріджування кисті, зменшення кількості ягід та збільшення їх розмірів. Застосування гіберелінів на цитрусових ущільнювало шкірку плодів та запобігало їх загниванню [122].

Серед синтетичних аналогів ауксинів розрізняють три групи сполук. Основним природним ауксином є індолілоцтова кислота (ІОК) [22], тому до першої групи відносяться препарати на основі індолілпропіонової (ІПК), індолілмасляної (ІМК), індолілбурштинової кислот [122]. Також встановлено ауксинову активність геміоксалатів, гемісукцинатів та геміглутаратів N-бензил-бутанаміду [142].

Друга група ауксинових препаратів включає фізіологічні аналоги ІОК: 1-нафтилоцтову (1-НОК), 2-нафтилоцтову (2-НОК), нафтилоксиоцтову (НООК) кислоти та їх похідні [122]. Транспорт нафтилкарбонових кислот зумовлюється конкурентною взаємодією з переносниками природної ІОК. Проте ІОК-оксидаза не окислює дані сполуки, чим визначається їх стійкість у рослині.

До третьої групи ауксинових регуляторів росту відносять феноксикислоти, найпоширеніша з них феноксиоцтова. До таких речовин належать 2,4-дихлорфеноксиоцтова (2,4-Д), 4-хлорфеноксиоцтова (4-Х), 2,4,5-трихлорфеноксиоцтова (2,4,5-Т). Висока активність феноксикислот у рослині пов'язана зі стійкістю до руйнування [120, 122].

Синтетичні ауксини широко використовують для прискорення росту рослин на різних етапах онтогенезу. Так, похідні феноксикислот стимулювали розвиток проростків пшениці, кукурудзи. Обробка пшениці у фазу виходу в трубку 2,4-Д активізувала накопичення сухої маси рослиною, а гетероауксин посилював ріст стебла вики [235].

Оскільки накопичення ауксинів є важливим фактором дедиференціації клітин та формування зачатків додаткових коренів, сполуки з ауксиноюю активністю застосовують для регуляції коренеутворення живців. У зв'язку з швидким руйнуванням ІОК у рослинних тканинах найбільше практичне значення в даному напрямку знайшли НОК, ІМК [120, 121].

Відомо, що процеси росту потребують достатнього забезпечення асимілятами. Індолілоцтова кислота здатна стимулювати фотосинтетичну активність у листках сої, коноплі [115]. Під впливом гетероауксину

збільшувався вміст хлорофілів у кукурудзи і редису, зростала кількість вуглеводів у листках цукрового буряка [180]. За дії препарату 2,4-Д посилювалися процеси фотосинтезу в листках люцерни [91].

Використання ауксинпохідних регуляторів росту дозволяє покращити врожайність багатьох сільськогосподарських культур. Так, під впливом гетероауксину підвищувалася продуктивність ячменю, пшениці, проса, кукурудзи [122, 142]. Застосування аналогів індолілоцтової та нафтилоцтової кислот збільшувало врожай рису, томатів, картоплі [115]. Встановлено позитивний ефект 2,4-Д на продуктивність томатів і картоплі. Ауксиновий препарат полістимулін А сприяв оптимізації функціонування симбіотичного та фотосинтетичного апарату люцерни [59], підвищував стійкість картоплі, томатів до водного дефіциту [21].

Застосування ауксинових препаратів запобігає ранньому утворенню відокремлювального шару у плодоніжках, стимулює розвиток партенокарпічних плодів [22]. Так, оприскування рослин томатів розчинами ІОК, 4-Х призводить до утворення безнасінних плодів з підвищеним вмістом цукрів [115].

Важливу групу стимуляторів росту складають препарати на основі цитокінінів. За хімічною будовою серед аналогів цитокінінів виділяють три групи сполук [22]. Перша група включає сполуки, близькі за структурою до природних цитокінінів. Із синтезованих цитокінінів найактивнішим є 6-бензиламінопурин (6-БАП). Вплив препаратів реалізується через посилення активності РНК-полімерази та інтенсивності синтезу білків. Одночасно прискорюються процеси транспорту через мембрани за рахунок підвищення їх проникності [22, 257].

До другої групи цитокінінових препаратів належать похідні дифенілсечовини. Подібні препарати використовували як стимулятори синтезу етилену, дефоліанти. Однією з найбільш активних речовин є 1-феніл-3-(1,2,4-триазол-4-іл)сечовина, на основі якої розроблено препарат цитодеф [176].

До третьої групи відносять N-оксид заміщені піридину. В Інституті біоорганічної хімії і нафтохімії НАН України та утвореному на його базі Державному підприємстві «Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН України синтезовано ряд препаратів на основі N-оксидів 2-метилпіридину та 2,6-диметилпіридину, а також у комплексі з щавлевою, бурштиною, мурашиною кислотами [10, 112]. Препарати цієї групи широко застосовуються на багатьох сільськогосподарських культурах [10, 124].

Аналоги цитокінінів використовують для оптимізації процесів росту та розвитку рослин. Бензиламінопурин стимулював ріст стебла, кореневої системи у пшениці, жоржини, шалфею і бегонії. Препарат призводив до зростання сухої маси лучних трав, пшениці [6, 8]. Кінетин сприяв посиленому зростанню маси сухої речовини у рослин гарбуза [71], бензимидазол – кукурудзи [143], емістим С – моркви [35]. Водночас за дії 6-БАП збільшувалася площа листя в проса [121], пшениці [38], бензимидазолу – в кукурудзи, цитодефу – в огірків [76], квасолі, сої [176]. Використання дифосету прискорювало утворення якісної розсади огірка з розвиненою асиміляційною поверхнею [82].

Використання бензиламінопурину підвищувало інтенсивність фотосинтезу у вівсянки, гарбуза [121], люцерни, що супроводжувалося підвищенням вмісту хлорофілів у листках [91]. Обробка рослин кінетином стимулювала фотосинтетичні процеси у рису, сої, збільшувала вміст пігментів у листках гарбуза [76].

Посилення фотосинтетичних процесів зумовлює підвищення інтенсивності утворення пластичних речовин. Обробка дифосетом підвищувала вміст сухих речовин та вуглеводів у листках картоплі, зростання вмісту сирого протеїну та аскорбінової кислоти у бульбах [80], бензимидазол зумовлював зростання кількості сухих речовин, вуглеводів та азоту в рослинах огірка [82], конюшини [8].

Застосування полістимуліну К в умовах водного дефіциту сприяло оптимізації водного обміну, що сприяло зменшенню втрат урожаю [21], відмічалось посилення синтезу білка [121]. За дії бензимидазолу та 6-БАП збільшувався вміст білка у кукурудзи, а кінетин зменшував вміст азоту в гарбуза і пшениці [54].

Цитокінінові препарати використовують для підвищення продуктивності. Так, застосування 6-БАП збільшує урожай бобових трав – конюшини [8] і люцерни [91], бензимидазол покращує врожайність ячменю, гороху [143].

Ефективність застосування цитокінінових препаратів визначається їх впливом на гормональний комплекс рослин. Так, під впливом 6-БАП зростала кількість зеатину в листках чотириденних проростків, знижувався вміст ендогенних гіберелінів, різко посилювався синтез етилену [38, 133], водночас збільшувалася концентрація ауксинів у рослинах пшениці [6]. Препарат здійснював омолоджуючий вплив на інтактні листки пшениці, проса [122].

В сучасному рослинництві широко використовують комплексні цитокінінові регулятори на основі 2,6-диметилпіридину. Подібні препарати являють собою композиції природних фітогормонів або їх аналогів, N-оксид заміщених сполук піридину, мікроелементів, вільних амінокислот, бурштинової, щавлевої, жирних кислот тощо [10, 39]. Застосування даної групи регуляторів росту сприяє підвищенню енергії проростання насіння, стимулює процеси коренеутворення та фотосинтезу, впливає на строки дозрівання, призводить до зниження ураженості хворобами, що забезпечує зростання продуктивності [10, 112]. Так, біолан, емістим С та агростимулін підвищують врожайність ряду зернових, зернобобових та овочевих культур [52], моркви і пастернаку [35], ярого ячменю, пшениці, люцерни [3].

Сучасний стимулятор росту трептолем є ефективним регулятором розвитку широкого спектру дії для олійних культур. Діючою речовиною являється композиція 2,6-диметилпіридину-1-оксиду з бурштиновою

кислотою та комплекс фітогормонів гіберелінової, ауксинової, цитокінінової природи, амінокислот, вуглеводів та мікроелементів [124]. Застосування трептолему рекомендовано для підвищення врожайності та вмісту олії і білку на посівах соняшнику, озимого та ярого ріпаку.

Допосівна обробка препаратом насіння соняшнику забезпечувала підвищення врожаю на 14% порівняно з контролем. Опрыскування посівів соняшнику стимулятором покращувало продуктивність культури на 17-18%, вміст олії у насінні зростав на 0,5-2%, зменшувалася лущинність та враженість хворобами [2, 126]. Ефективність застосування трептолему залежить від строків та способів внесення препарату. Так, обробка насіння ярого ріпаку сприяла збільшенню врожайності на 2,5 ц/га, обробка посівів культури у фазу розетки покращувала продуктивність на 2 ц/га, а в фазу бутонізації – на 3,2 ц/га [10].

З метою підвищення врожайності цукрових буряків застосовується бетастимулін, а також біомакс, вермистим, емістим С [10, 124]. Біологічно активні складові регуляторів росту знімають фітотоксичний ефект протруйників, сприяють розвитку симбіотичної мікрофлори. Тому покращується польова схожість, розвивається потужна коренева система, що дозволяє ефективно засвоювати вологу та елементи мінерального живлення [2, 129].

Стимулятор росту івін використовується в технологіях вирощування овочевих культур: огірків, томатів, капусти, моркви, перцю, баклажанів, а також декоративних і кімнатних рослин. Регулятор росту сприяє зростанню фертильності пилку овочевих та зернових культур, зниженню рівня захворюваності [2, 44], стимулює процеси клітинного поділу в меристемах коренів гороху, кукурудзи [10].

Внесення потейтіну, дифосету стимулює підвищення врожаю картоплі [80, 124]. Передпосадкова обробка бульб та опрыскування рослин покращує ріст і розвиток культури на початку періоду вегетації. Під впливом

препаратів збільшується діаметр стебла, зростає площа та товщина листків, кількість столонів та бульб підвищується майже вдвічі [112].

Застосування агростимуліну, емістиму С, фітостиму, вермистиму на культурі льону-довгунця призводить до більш інтенсивного росту рослин, формування високих стебел, що покращує якість соломи, сприяє підвищенню врожаю насіння [74, 75, 124]. За дії агростимуліну інтенсифікується синтез целюлози, поліцукрів у луб'яній тканині, зростає міцність і гнучкість волокон [113].

Важлива роль в регуляції росту рослин та стійкості до несприятливих умов належить брасиностероїдам та їх аналогам, які синтезуються на основі фітостеролів [14, 221]. Зокрема, обробка гречки епібрасинолідом посилювала ріст вегетативних органів рослин, збільшення площі листків та вмісту хлорофілів [52]. На карликових *bull-1* мутантних рослинах арабідопсиса встановлено, що аномальна морфологія рослин пов'язана з порушенням орієнтації мікротрубочок, а внесення брасиностероїдів призводить до реорганізації мікротрубочок та відновлення росту таких рослин [199, 221].

Підвищення адаптивних можливостей рослин за дії брасиностероїдів зумовлює покращення продуктивності культур [174]. Обробка проростків капусти епібрасинолідом виявляє антистресовий вплив при понижених температурах, що дозволяє рослинам швидко відновити приріст біомаси [19]. Застосування суміші дифосету та епіну за високих температур та водного дефіциту призводило до активного формування стебла, листової маси та збільшення врожайності картоплі [80].

В умовах недостатньої зволоженості обробка ярої пшениці епібрасинолідом підвищувала схожість насіння та врожайність. Антистресовий ефект препарату виявився в зменшенні інтенсивності транспірації, підвищенні осмотичного тиску клітинного соку [116].

Зростання врожайності культур під впливом брасинів зумовлюється покращенням росту основного та бічних пагонів, збільшенням кількості суцвіть та плодів на рослині. Разом з цим збільшується кількість зерен в



колосі, маса 1000 насінин, що призводить до оптимізації продуктивності зернових культур [116, 235]. Застосування епібрасиноліду та гомобрасиноліду на посівах льону-довгунця сприяло нормалізації водного режиму, забезпечувало приріст врожаю льонопродукції, рівний додатковому внесенню 30 кг/га мінерального азоту [106, 167].

Аналоги брасиностероїдів індукують подовження періоду глибокого спокою бульб картоплі та підвищують їх стійкість до передчасного проростання, що пов'язано з підвищенням вмісту АБК і посиленням синтезу етилену [55, 213, 268].

Сучасні технології вирощування деяких овочевих культур розроблені з використанням нових стимуляторів росту та індукторів стійкості на основі біогенного полімеру полі-1,4-Д-глюкозаміну – хітозану [81]. До цієї групи препаратів належать агрохіт, фітохіт, хітофос, цитохіт.

Хітозанові регулятори росту підвищували енергію проростання та схожість насіння моркви, буряка, забезпечували дружню появу сходів та оптимальну густоту стояння рослин, підвищували інтенсивність фотосинтезу [81]. Відмічалось зниження рівня захворюваності ряду овочевих культур [80, 82].

Літературні дані свідчать про можливість регуляції розвитку рослин за допомогою деяких біологічно активних органічних кислот [22]. Застосування жасмонової, саліцилової, бурштинової кислот впливає на баланс фітогормонів у рослині та покращує стійкість до несприятливих факторів середовища [174, 233].

Саліцилова та жасмонова кислоти у зернових культур підвищують вміст АБК і ауксинів у фазу кушіння та цитокінінів під час колосіння [174]. Ефект саліцилової кислоти на гормональну систему пшениці виявлявся в активації ростових процесів та захисних механізмів, що призводило до підвищення продуктивності культури [174, 233, 243]. Встановлена антистресова дія бурштинової кислоти на проростки ячменю при низьких температурах та гіпоксії [58, 90].

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що регулятори розвитку рослин впливають на ростові процеси, зумовлюють зміни асиміляційного апарату, фотосинтезу та вуглеводного обміну, що покращує врожайність культур. Разом з тим, дія синтетичних регуляторів росту на морфогенез і продуктивність олійних культур, зокрема льону олійного, досліджена недостатньо, що визначає необхідність глибокого вивчення цього питання.

## **РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Експериментальну частину роботи проводили в лабораторії фізіології і біохімії рослин Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського та на виробничих посівах льону олійного ВДСГДС Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, ДП ДГ «Зоря» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, ПП «АгроНіка».

### **2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення дослідів**

Агrometeorологічні умови значною мірою впливають на ріст, розвиток та формування елементів врожайності сільськогосподарських культур, в тому числі олійного льону. Дослідження ростових і продукційних процесів льону олійного та впровадження науково обґрунтованих технологічних прийомів вирощування культури в різних ґрунтово-кліматичних умовах дає можливість до розширення посівних площ [33].

Територія Вінницької області знаходиться в помірному поясі. Для помірно-континентального клімату Вінниччини характерні тривале, нежарке літо з достатньою кількістю вологи та порівняно м'яка зима. В теплі періоди клімат регіону визначається західними та північно-західними атлантичними повітряними масами, які насичені вологою. У холодну пору року на території відчутний вплив сибірського (азійського) антициклону з вітрами південних і південно-східних напрямків. Меншою мірою кліматичні умови області залежать від повітряних мас з Арктики та Середземномор'я [109, 131].

Вінницька область за агро-кліматичними умовами поділяється на три райони: Північно-Східний, Центральний (включає Вінницький район) та Південний [17].

На території регіону чітко виокремлюються чотири пори року. Середньорічні температури повітря коливаються від  $+7^{\circ}\text{C}$  на півночі до  $+9^{\circ}\text{C}$  на півдні Вінницької області. Середні амплітуди змін температури протягом року не перевищують  $25^{\circ}\text{C}$ . Сума позитивних температур становить  $2500\text{--}3000^{\circ}\text{C}$ . Середня тривалість зими становить 110 днів. Найхолодніший місяць року – січень. Під впливом континентальних повітряних мас в окремі дні місяця відмічається зниження температури до  $-32\text{...}-38^{\circ}\text{C}$ . В липні (найтеплішому місяці) року максимальна температура сягала  $+37^{\circ}\text{C}$ . Середньомісячна температура у зимові місяці становить  $-6\text{...}-4^{\circ}\text{C}$ , влітку –  $+18\text{...}20^{\circ}\text{C}$  [17, 131].

Взимку ґрунт промерзає на глибину до 55 см, середньомісячна температура на поверхні коливається близько  $-1,5\text{...}-7,7^{\circ}\text{C}$ . У літні місяці температура ґрунту підвищується до  $+21,5\text{...}23,6^{\circ}\text{C}$  [109].

Таблиця 2.1

**Температура повітря в районі проведення досліджень,  $^{\circ}\text{C}$**

Місяць	Середньомісячна багаторічна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	2009 р.	2010 р.	2011 р.
Січень	-3,9	-3,8	-8,7	-3,0
Лютий	-2,9	-1,4	-3,9	-5,9
Березень	1,1	1,3	0,7	0,6
Квітень	8,3	10,4	9,3	9,2
Травень	14,2	14,0	15,9	15,2
Червень	17,2	18,9	19,4	19,2
Липень	19,4	20,4	22,2	20,6
Серпень	18,4	18,6	22,3	18,4
Вересень	13,1	15,8	13,7	15,2
Жовтень	7,5	8,7	5,3	6,9
Листопад	1,4	4,3	7,6	1,6
Грудень	-3,4	-3,0	-5,0	1,3
Середньорічні дані	7,6	8,7	8,2	8,2

Температурний режим у районах проведення досліджень представлений у таблиці 2.1. Матеріали надані Вінницькою обласною гідрометеорологічною станцією. Середньодобова температура повітря за вегетаційний період (квітень-серпень) відрізнялася по роках та була вищою від середніх багаторічних показників. Найменші коливання температури протягом вегетаційног періоду відмічалися в 2009 році.

Річна сума опадів на території області складає 440-590 мм. Максимальна кількість опадів випадає за травень-липень у вигляді злив (130-170 мм). Протягом зимових місяців випадає близько 25% опадів. Відносна вологість повітря в середньому за рік рівна 65-68% [18, 26].

Умови вологозабезпечення в районах проведення досліджень значно відрізнялися по роках (табл. 2.2).

*Таблиця 2.2*

**Кількість атмосферних опадів в районі проведення досліджень, мм**

Місяць	Середні багаторічні опади, мм	2009 р.	2010 р.	2011 р.
Січень	27	19	59	23
Лютий	26	46	32	38
Березень	30	57	12	6
Квітень	43	0	36	20
Травень	48	40	77	46
Червень	88	110	182	134
Липень	85	46	102	78
Серпень	79	7	14	21
Вересень	66	19	49	15
Жовтень	32	33	39	43
Листопад	37	19	63	2
Грудень	33	58	49	14
Середньорічні дані	594	454	714	440

Літературні дані свідчать, що за сприятливих метеорологічних умов формується насіння льону з високими урожайними якостями [33]. Особливо

важливими є умови вологозабезпечення під час формування і наливу насіння. Відмічалось, що при вологій погоді під час досягання посіви більшою мірою вилягають і можуть уражуватися хворобами, тому посівні й урожайні якості насіння різко знижуються [12].

Найбільше опадів випало у 2010 році, найменша кількість спостерігалася у 2009 році. Найвищі показники відмічалися під час цвітіння та формування насіння (в червні-липні).

Інтегральним показником зволоженості, що відображає співвідношення температури й опадів, є гідротермічний коефіцієнт. Його встановлюють як відношення суми опадів в мм за період з середньодобовими температурами повітря вище 10°C до суми температур за той же час, зменшеної в 10 разів [17, 18].

Гідротермічний коефіцієнт в період вегетації у районах проведення досліджень представлений у таблиці 2.3. При оптимальних погодніх умовах він становить 1-1,5, що відповідає середнім показникам у 2010 і 2011 рр. Однак показники у червні (під час бутонізації та цвітіння) 2010 та 2011 рр. свідчать про надмірне зволоження, що може негативно впливати на продуктивність культури. У 2009 році гідротермічний коефіцієнт був нижчим одиниці, що є показником недостатнього зволоження. Однак льон олійний –

*Таблиця 2.3*

**Гідротермічний коефіцієнт у районах проведення досліджень**

Рік \ Місяць	2009 р.	2010 р.	2011 р.
Травень	0,9	1,6	1,0
Червень	1,9	3,1	2,3
Липень	0,7	1,5	1,2
Серпень	0,1	0,2	0,4
Вересень	0,4	1,2	0,3
Середнє значення	0,8	1,5	1,0

культура посухотривала, тому незначний вологодефіцит не зменшує врожаю [73].

Територія Вінницької області за державним агрогрунтовим районуванням України поділяється на два агрогрунтові райони в північній та на п'ять у південній підпровінції правобережного Лісостепу. В області поширені чорноземи (42,1%) та сірі лісові (50,5%) ґрунти. Як правило, ґрунтоутворювальними породами є леси та лесоподібні суглинки [23].

Ґрунтовий покрив в районі проведення дослідів представлений сірими та світло-сірими лісовими опідзоленими ґрунтами. Вони характеризуються крупнопилуватим середньосуглинковим механічним складом, слабокислим середовищем (рН 6,6). Товщина гумусового шару в таких ґрунтах сягає 25 см, вміст гумусу в орному шарі коливається від 1,6% до 3,0%. Кількість вологи в них змінюється від 175 мм навесні до 125 мм восени. Вміст гідролізованого азоту (за Корнфілдом) становить 84 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Кирсановим) відповідно 158 і 114 мг/кг ґрунту [17, 18, 23].

## 2.2. Об'єкт дослідження

Льон культурний, або звичайний (*Linum usitatissimum* L.) належить до Класу Магноліопсиди, або Дводольні (*Magnoliopsida*, або *Dicotyledones*) Підкласу Розиди (*Rosidae*) Порядку Льоноцвіті (*Linales*) Родини Льонові (*Linaceae*) Роду Льон (*Linum*).

Культурний льон поділяють на п'ять еколого-географічних груп або підвидів, найбільше виробниче значення з яких мають три підвиди: євразійський (дрібнонасінний), середземноморський (крупнонасінний) і проміжний (середньонасінний) [108, 182].

За морфологічними ознаками (висота рослин, форма куща), вегетаційним періодом євразійський підвид поділяється на чотири групи різновидів: льон-довгунець (var. *elongata*); льон-кудряш, кучерявець (var.

brevimulticaulia); льон-межеумок, проміжний (var. intermedia); льон сланкий (var. prostrata) [15, 73].

Олійний льон охоплює дві групи – льон-межеумок та льон-кудряш [34, 79].

Коренева система у рослин льону стрижнева, проникає на глибину 140-160 см, більша частина коренів розміщується у верхніх шарах ґрунту. Стебло тонке, циліндричне, прямостояче. Загальна довжина 30-70 см. Листки сидячі, трижильні, зеленого кольору, лінійно-ланцетної форми. Розміщені на стеблі і гілках густо, почергово по спіралі [15]. Суцвіття – зонтикоподібні китиці, короткі, становлять близько 10-15% загальної висоти рослин. Квітка п'ятірної типу, симетрична. Віночок переважно блакитного або фіолетового, білого, рожевого кольору, діаметром 15-30 мм [108]. Окремі квітки льону одноденні: вранці розкриваються, а опівдні пелюстки опадають. Льон належить до невиключно самозапильних рослин [73].

Плід – округла дрібна коробочка, не розтріскується при дозріванні. Кількість плодів на рослині становить 15-50 штук. Насінина яйцеподібної форми, плоска, коричневого або бурого кольору з блискучою, гладенькою поверхнею. Маса 1000 насінин – 3-13 г [15].

Тривалість вегетаційного періоду для льону олійного становить 70-115 днів залежно від ґрунтового-кліматичних умов та сорту. Від сівби до збирання фізіологічно стиглого врожаю розрізняють фази: сходи, «ялинка», бутонізація, цвітіння, досягання. Висіане в ґрунт насіння за оптимальної температури проростає за 5-8 днів [15, 175, 240]. Фаза «ялинки» триває 15-20 днів. Рослина досягає висоти 8-10 см та утворює 5-7 пар справжніх листків. У фазу бутонізації в стеблах формується волокно та генеративні органи, відмічається інтенсивний ріст рослин. Фаза цвітіння починається зацвітанням 10% рослин, триває 5-15 днів. Загальний габітус збільшується за рахунок бічних гілочок суцвіть. Під час фази досягання стебло швидко дерев'яніє, закладається і наливається насіння, відбувається утворення олії. Від цвітіння до фізіологічного дозрівання насіння проходить 25-30 і більше днів [15, 34].



Льон олійний відносять до рослин невибагливих щодо теплового режиму. Насіння починає проростати при температурі 3-4°C, а сходи з'являються при 4-6 °C. Проте льон потребує тепла під час досягання [134]. Поширені в Україні екотипи льону олійного здебільшого належать до рослин середнього дня. Льон олійний стійкий до дефіциту вологи [73]. Проте кількість води, яка необхідна для утворення однієї частини сухої маси, суттєво більша, ніж у злакових рослин. Коефіцієнт транспірації становить 420-690. Олійний льон дуже вибагливий до родючості ґрунту. Для утворення одиниці сухої речовини він виносить з ґрунту поживних речовин у 2-3 рази більше, ніж зернові культури [50]. Оптимальний вміст гумусу не менше 2%, легкогідролізованого азоту, калію, фосфору – 10-15 мг/ 100 г ґрунту. Кращими ґрунтами для олійного льону є чорноземи та каштанові [15, 108].

В Україні зареєстровано 14 сортів льону олійного: Айсберг, Блакитно-помаранчевий, Віра, Водограй, Дебют, Еврика, Золотистий, Ківіка, Лірина, Надійний, Орфей, Південна ніч, Славний, Симпатик [27]. Дослідження проводили на сортах Дебют і Орфей.

**Сорт Дебют.** Оригінатор – Інститут олійних культур НААН України, м. Запоріжжя [27]. Сорт ранньостиглий, вегетаційний період 84-87 днів.

Рослини заввишки 57-58 см, довжина технічної частини стебла – 46-48 см. Кущ компактний, стебло округле, не опушене, без антоціанового забарвлення. Листки ланцетні, маленькі, трижильні з гладенькими краями, сидячі. Розміщуються на стеблі по гвинтовій спіралі з загущенням у нижній частині стебла. Квітка середньої величини, відкрита, п'ятигніздового типу, віночок світло-фіолетовий, пиляки сині. Насіння яскраво-коричневе, маса 1000 насінин – 7,6-7,7 г. Вміст олії в насінні – 44,5%. Середня врожайність насіння – 15,4-18,0 ц/га [172].

Сорт стійкий до посухи, осипання. Придатний до механізованого збирання. Відрізняється серед інших сортів дружністю дозрівання коробочок та стабільною урожайністю по роках [140].

Рекомендується для вирощування в степовій зоні України. Сорт Дебют з 2001 року занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

**Сорт Орфей.** Заявник – Інститут олійних культур НААН України, м. Запоріжжя [27]. Середньостиглий сорт, вегетаційний період триває 86-89 днів.

Висота рослин – 55-58 см, технічна довжина стебла – 44-46 см. Стебло округле, не опушене. Листки ланцетні, безчерешкові, зелені. Квітка середніх розмірів, відкрита, блакитного кольору. Забарвлення пиляків – блакитне, приймочок – біле. Насіння яйцеподібної форми, помірно-коричневе, маса 1000 насінин – 7,7-8,0 г. Вміст олії в насінні – 44-48%. Середня врожайність насіння – 18,0-20,0 ц/га [172].

Сорт стійкий до вилягання, осипання, посухи. Хворобами уражується на рівні стандартів. Характеризується високою стабільною врожайністю за рахунок великої кількості коробочок на рослинах [140].

Рекомендований для зон Степу та Лісостепу. Сорт Орфей занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2002 року.

### **2.3. Характеристика препаратів та регламенти їх застосування в досліді**

**Хлормекватхлорид** – (ССС-460, ССС-720, ССС-750, тур, цикоцел, терпал, стабілан, меквалан) –  $\beta$ -хлоретилтриметиламонійний хлорид ( $[\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+ \text{Cl}^-$ ). Речовина кристалічної структури білого кольору, яка розкладається при температурі 245°C. Добре розчиняється у воді (при 20°C розчинність становить 74%). Молекулярна маса 158,07. Проте нерозчинний у вуглеводнях. Отримують взаємодією триметиламіну з дихлоретаном, реакція іде в одну стадію під тиском при температурі 80-90°C.

Хлормекватхлорид блокує біосинтез гібереліну, проникаючи в рослину переважно через листки і частково засвоюється кореневою

системою з ґрунту. Переміщується в рослині до точок росту. Дія хлормекватхлориду проявляється у гальмуванні розтягування клітин субапикальної меристеми, внаслідок чого інгібується ріст у довжину, сповільнюється диференціація конуса наростання. Це спричинює збільшення тривалості окремих етапів органогенезу і зростання продуктивності [94, 145].

Препарат відноситься до групи помірно токсичних сполук. ЛД<sub>50</sub> для білих пацюків становить 640 мг/кг, для овець – 200 мг/кг. Максимальна добова доза для людини становить 0,07-0,09 мг. Максимально допустимий рівень препарату в продуктах харчування становить 1-3 мг/кг. Не має канцерогенних властивостей. Не акумулюється і не розкладається в організмі, через дві доби виводиться з нього. Не займається [84, 94]. У ґрунті препарат розпадається на холінхлорид, холін та бетаїн, які є природними продуктами метаболізму [62].

В Україні дозволений до використання хлормекватхлорид, синтезований у Німеччині фірмою “Штефес” [105, 107].

В дослідженнях використовували 0,5% -ий водний розчин.

**Трептолем** – комплексний препарат 2,6-диметилпіридину-1-оксиду з бурштиною кислотою (50 г/л) та Емістиму С (1,0 г/л). До препарату в складі Емістиму С входять також фітогормони гіберелінової, ауксинової, цитокінінової природи, амінокислоти, вуглеводи, мікроелементи, отримані шляхом культивування грибів-ендофітів з кореневої системи рослин на штучному поживному середовищі [10].

Препарат рекомендовано для підвищення врожайності та вмісту олії і білку в соняшнику, озимому та ярому ріпаку [124].

Трептолем виробляється у вигляді прозорого водно-спиртового розчину Інститутом біоорганічної та нафтохімії НАН України, Міжвідомчим науково-технологічним центром «Агробіотех», АТ «Високий врожай» [107].

В дослідженнях використовували водний розчин трептолему в концентрації 0,033 мл/л.

## 2.4. Методи досліджень

Вегетаційний дослід проводили у лабораторії фізіології і біохімії рослин кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Польові дослідження закладали на виробничих посівах льону олійного Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України (с. Агрономічне Вінницького району Вінницької області), ДП ДГ «Зоря» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України (с. Пирогівці Хмельницького району Хмельницької області), ПП «АгроНіка» (с. Тополівка Теплицького району Вінницької області).

Вегетаційний дослід закладали в умовах піщаної культури у скляних посудинах місткістю три літри, захищених від освітлення чорною непрозорою поліетиленовою плівкою, з додаванням до піску поживної суміші ВНІС у кількостях, аналогічних водній культурі. Під час дослідів вологість піску підтримували на рівні 65% від повної його вологоємності [32]. Рослини льону одноразово обробляли 0,25%-им і 0,50%-им водними розчинами хлормекватхлориду та водним розчином трептолему в концентрації 0,033 мл/л на 20-й день вегетації при виході рослин з фази «ялинки». Контрольні рослини обробляли дистильованою водою.

На 45-й день вегетації визначали морфометричні показники та особливості анатомічної будови листків. Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну [62, 92].

Польові дрібноділянкові дослідження на сортах Дебют і Орфей проводили у 2009-2011 роках. Площа ділянки 10 м<sup>2</sup>, повторність п'ятикратна. Льон сіяли 9 квітня 2009 р., 12 квітня 2010 р., 22 квітня 2011 р.

Виробничі дослідження проводили на сортах Дебют і Орфей в 2011-2013 роках. Посів льону сорту Орфей проводили 25 квітня 2011 року та 20 квітня 2012 року. Площа ділянки 1 гектар, повторність п'ятикратна. Посів льону сорту Дебют проводили 22 квітня 2012 року. Площа ділянки 5 гектарів, повторність трикратна. У 2013 році льон сорту Дебют сіяли 20 квітня. Площа ділянки 10 гектарів, повторність п'ятикратна.

Льон олійний вирощували за стандартною технологією, відповідно до технологічної карти вирощування культури. Попередником льону в сівозміні була озима пшениця, після збирання якої проводили лушіння стерні на глибину 6-8 см [79]. Після появи сходів бур'янів їх знищували поверхневими обробками. У вересні-жовтні проводили оранку на глибину 25-27 см з обов'язковим вирівнюванням поля. Під оранку вносили мінеральні добрива в дозі  $N_{15}P_{40}K_{40}$ . Для зменшення втрат вологи у ґрунті навесні поле боронували, після чого проводили культивувацію на глибину 6-8 см [172].

Льон олійний є культурою ранніх строків сівби, тому сіяли на початку або в середині квітня залежно від погодніх умов [140]. Сівбу проводили звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см [34]. Глибина загортання насіння становила 3-4 см. Для покращення контакту насіння з ґрунтом проводили коткування поля. Норму висіву встановлювали з розрахунку 4,5-7 млн/га схожих насінин – 4-7 кг/га [33]. Водночас вносили мінеральні добрива в кількості  $N_{30}P_{10}K_{10}$ .

Через 3-5 діб після сівби поле боронували з метою знищення ґрунтової кірки та сходів бур'янів. У фазу «ялинки» вносили гербіцид 2М-4Х в дозі 0,8 кг/га, для захисту від хвороб – хлорокис міді. При досяганні посівів льон збирали прямим комбайнуванням, насіння очищали і зберігали при вологості 10-11% [172].

При проведенні дрібноділянкових досліджень рослини одноразово обробляли 0,5%-им водним розчином хлормекватхлориду, водним розчином трептолему (0,033 мл/л) та сумішшю даних препаратів у вказаних концентраціях у фазу бутонізації 8 червня 2009 р., 4 червня 2010 р., 7 червня

2011 р. Обробку здійснювали за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків. Контрольні рослини оприскували водопровідною водою. Збір врожаю проводили 6 серпня 2009 р., 4 серпня 2010 р., 9 серпня 2011 р.

У виробничих дослідженнях обробку посівів льону олійного здійснювали у фазу бутонізації 14 червня 2011 р. й 20 червня 2012 р. (сорт Орфей) та 8 червня 2012 р. й 16 червня 2013 р. (сорт Дебют) водними розчинами хлормекватхлориду (0,5%) за допомогою оприскувача «ОП-2000» з довжиною штанг 8,5 м на базі трактора МТЗ-82. Витрата препарату хлормекватхлориду (ССС-750) 2 л/га, робочого розчину – 300 л/га. Збір урожаю проводили прямим комбайнуванням агрегатами «John Deere» 20 серпня 2011 р. й 22 серпня 2012 р. (сорт Орфей) та 15 серпня 2012 р. й 20 серпня 2013 р. (сорт Дебют).

Морфологічні показники (висоту рослини, діаметр стебла в центральній частині, кількість листків, суху масу цілої рослини та її органів) вивчали кожні 10 діб. Площу листків визначали методом відбитків [45]. Мезоструктурну організацію листка та анатомічну будову стебла вивчали під час польових досліджень у фазу дозрівання. Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали за методикою А.Т. Мокроносова [92]. Для консервації біологічного матеріалу застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну [62]. Визначення розмірів клітин, окремих тканин, органів, діаметра судин здійснювали за допомогою окулярного мікрометра МОВ-1-15х та цифрової камери для мікроскопа ScienceLab DCM 250. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацеруючий агент було обрано 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 моль/л хлоридної кислоти [62, 64]. Для мезоструктурного аналізу відбирали листки одного віку та ярусу, а дослідження анатомічної будови стебла проводили в середній частині органу.

Вміст фосфору та калію визначали в сухому матеріалі полум'яно-фотометричним методом на приладі ПАЖ-2, азот – за Кьельдалем [119].

Визначення вмісту цукрів (моно- і дисахаридів) та крохмалю у органах рослин льону проводили за Х.М. Починком [114], чистої продуктивності фотосинтезу за А.А. Ничипоровичем [99].

Загальний вміст олії в насінні визначали методом екстракції в апараті Сокслета. В якості органічного розчинника використовували петролейний ефір з температурою кипіння 40-65<sup>0</sup>С. У зразках виділеної олії визначали її якісні характеристики: кислотне число – індикаторним методом для темних олій, йодне число – методом Генгриновича, число омилення, ефірне число, вміст гліцерину за загальноприйнятими методиками [88].

Кількісний вміст та якісний склад насичених і ненасичених жирних кислот визначали методом газорідинної хроматографії на хроматографі “Хром-5” (Чехія). Умови хроматографування: скляні колонки розміром 3,5 м із внутрішнім діаметром 3 мм, заповнені сорбентом Хромосорб W AW 100-120 mesh із нанесеною сумішшю стаціонарних фаз SP-2300 і 2% SP-2310 3%. Швидкість проходження газу 50 мл/хв, газ-носії – азот. Температура колонки становила 200<sup>0</sup>С, випаровувача – 230<sup>0</sup>С, полум’яно-іонізаційного детектора – 240<sup>0</sup>С [40, 57].

Вміст залишкової кількості хлормекватхлориду визначали методом тонкошарової хроматографії на пластинках марки «Silufol UV-254» фірми «Kavalier» (Чехія). В основі методу лежить екстракційне видалення хлормекватхлориду ацетоном з подальшим очищенням у хроматографічній колонці силікагелем. Хроматографування проводили у тонкому шарі катіоніту. В якості рухомого розчинника використовували 23%-у сульфатну кислоту. Проявлення здійснювали шляхом занурення пластинок у 11%-й водний розчин фосфорно-молібденової кислоти, з наступною тридцятихвилинною промивкою водою. Після цього пластинку занурювали в 1%-й розчин двохлористого олова у 10%-й хлоридній кислоті. Кількість хлормекватхлориду визначали шляхом визначення величини оптичної густини хроматограми зразка, що аналізується, і стандартних розчинів, які вимірювали на спектрофотометрі СФ-46 (Росія) в наскрізному світлі при

довжині хвилі 730 нм. Паралельно кількість хлормекватхлориду визначали шляхом порівняння плям хроматограм зразка та стандартних розчинів. Рівень чутливості досліду 0,05 мг/кг. Стандартна похибка аналізу для зернових та насіння становить 0,01 мг/кг. Повнота визначення становить 85-90% [87].

Визначення залишкової кількості трептолему проводили методом високоефективної газорідинної хроматографії на хроматографі “Кристалл 2000М” компанії СКБ “Хроматэк” (м. Йошкар-Ола, Росія). Умови хроматографування: сталеві колонки розміром 100 мм, заповнені 5% сорбентом SE-30. Швидкість проходження газу 60 мл/хв., газ-носії нітроген, гідроген. Температура колонки – 240<sup>0</sup>С, випаровувача – 260<sup>0</sup>С, полум’яно-іонізаційного детектора 300<sup>0</sup>С. Виділення залишкових кількостей трептолему з насіння льону проводили за методикою «Метод определения остаточных количеств пестицидов» відповідно до ДСТУ 13496.20-87.

Отримані результати досліджень оброблені статистично [32] та за допомогою комп’ютерної програми “STATISTICA – 6.0”.



### РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ МОРФОГЕНЕЗУ РОСЛИН ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ ЗА ДІЇ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

Відомо, що ключову роль у регуляції морфогенезу рослин відіграє гормональна система, причому фізіологічний ефект залежить не від концентрації окремих фітогормонів, а від їх співвідношення. Онтогенетичні зміни у співвідношенні гіберелінів, цитокінінів та ауксинів суттєво впливають на ростові процеси та особливості гістогенезу вегетативних і генеративних органів рослин [62, 96]. Сучасна фітофізіологія володіє значним арсеналом синтетичних регуляторів росту, які за своєю природою є або аналогами, або модифікаторами дії фітогормонів. Зокрема, інгібітори росту рослин – ретарданти, в залежності від хімічної природи, суттєво зменшують вміст або знижують активність вже синтезованих гіберелінів у тканинах [94]. Серед сучасних регуляторів росту рослин широко використовуються також препарат стимулюючої дії з цитокініною, гібереліною і ауксиною активністю трептолем [10, 112].

Рістрегулюючі препарати, впливаючи на морфогенез рослин, широко застосовуються для боротьби з виляганням злакових культур [39, 93, 95, 97, 187, 190, 226]. Так, ретарданти блокують синтез чи рецепцію гіберелінів і, як наслідок, гальмують надмірний ріст вегетативних органів [25, 116]. Рослини льону також схильні до вилягання, що призводить до погіршення якості соломи та насіння. Але внесення хлорхолінхлориду та етрелу у фазу «ялинки» уповільнює ріст культури [48]. Застосування суміші паклобутразолу та хлормекватхлориду призводило до зменшення вилягання посівів льону олійного [203]. Проте обробка рослин ретардантами зменшувала врожай соломи [48], а високі концентрації препаратів знижували насінневу продуктивність льону [4]. При використанні стимуляторів росту агростимуліну, емістиму С для обробки насіння та посівів льону-довгунця відмічався більш інтенсивний ріст рослин, підвищувався вміст довшого волокна в соломці [10, 124]. Літературні дані щодо впливу синтетичних

регуляторів розвитку на ростові процеси рослин льону поодинокі та суперечливі [4, 192, 203, 231]. Тому важливим завданням нашої роботи було з'ясувати особливості гісто- та морфогенезу рослин льону олійного при застосуванні сучасних препаратів хлормекватхлориду та трептолему.

Результати наших досліджень свідчать, що використання антигіберелінового регулятора росту – хлормекватхлориду призводило до зменшення лінійних розмірів рослин льону для обох сортів, що є типовою реакцією рослин на вплив ретардантів (рис. 3.1.) [156, 157, 158]. Так, висота стебла льону знижувалася на 12-14% і становила 45-47 см. Обробка рослин стимулятором росту зумовлювала збільшення висоти стебел до 59-62 см, що

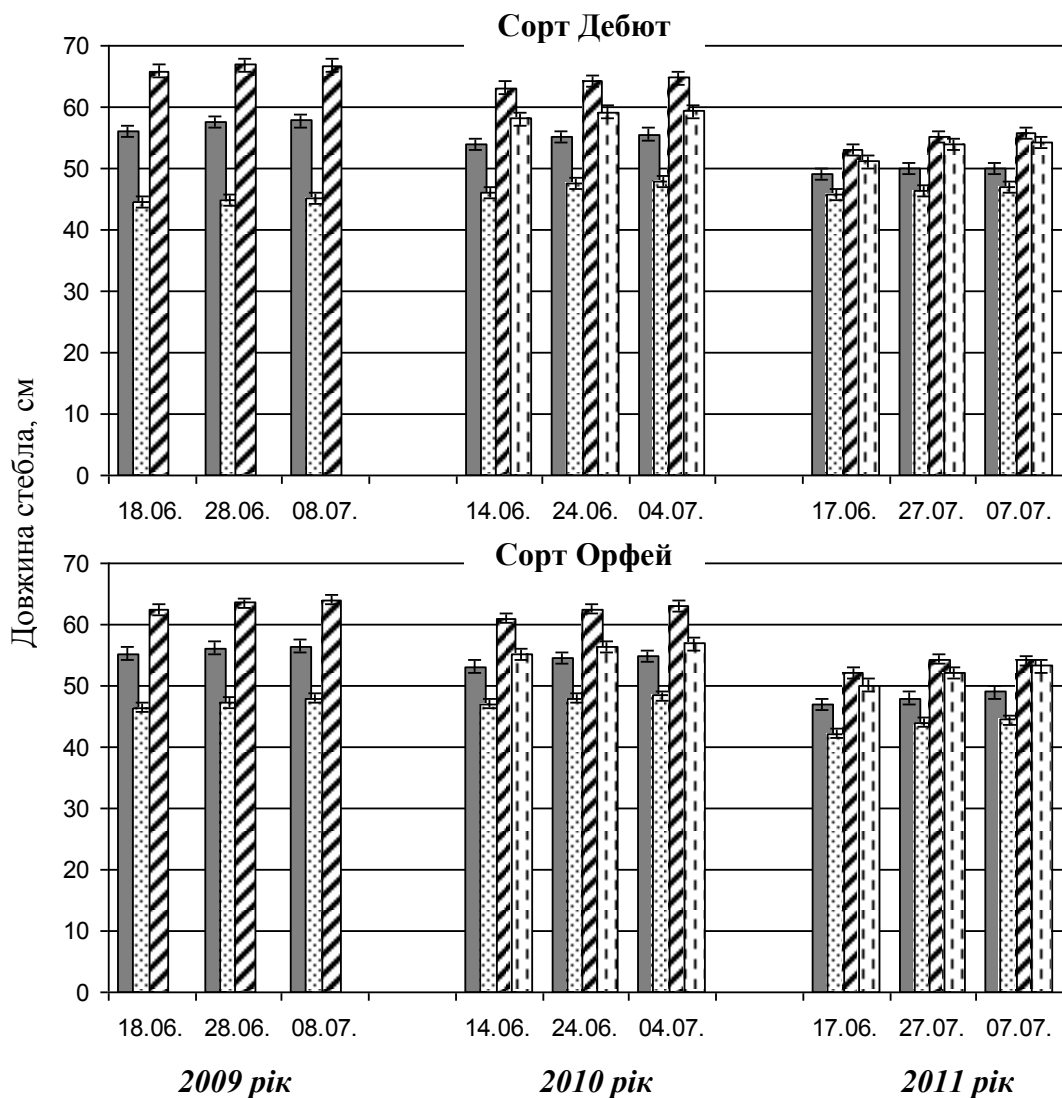


Рис. 3.1. Вплив регуляторів росту на висоту рослин льону олійного. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.  
 ■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, ▤ - суміш препаратів.

становить на 13-14% вище контролю. Вплив суміші препаратів виявився несуттєвим – висота рослин підвищувалася на 2-4% порівняно з контролем. Крім цього відбувалося потовщення стебла дослідних рослин усіх варіантів (рис. 3.2.). Максимально діаметр стебла збільшувався при застосуванні хлормекватхлориду – в середньому на 27 % для сорту Дебют та 33% – для сорту Орфей. Під впливом суміші ретарданту і стимулятора поперечні розміри стебла підвищувалися відповідно на 18 та 24%.

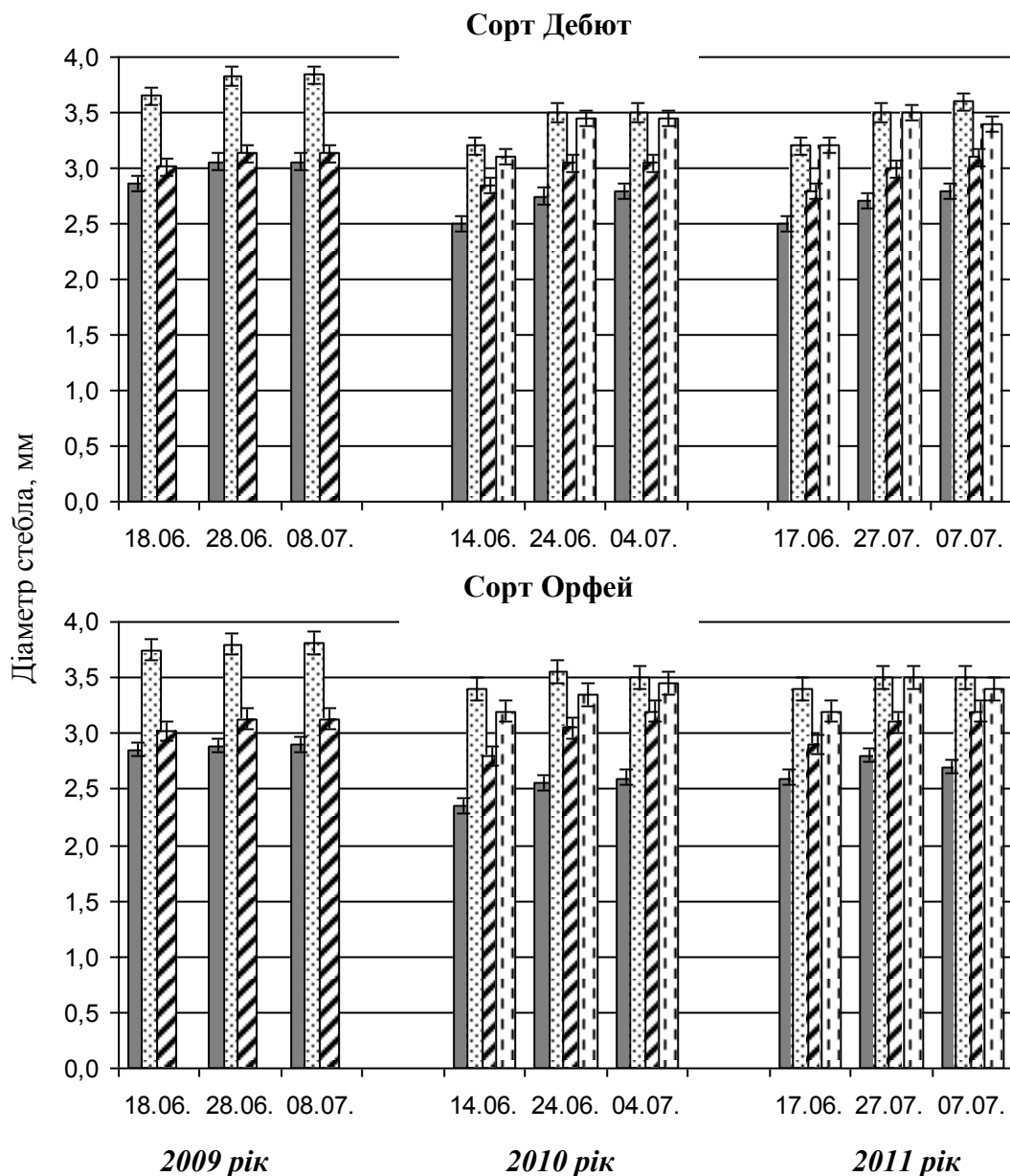


Рис. 3.2. Дія регуляторів росту на діаметр стебла рослин льону олійного.

Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.

■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, □ - суміш препаратів.

трептолему окремо призводило до збільшення діаметру стебла рослин сорту Дебют на 8% та на 14% для сорту Орфей. Тобто рослини льону сорту Орфей більшою мірою реагують на внесення екзогенних регуляторів росту.

За результатами наших досліджень погодні умови впливали на ростові процеси рослин льону олійного. Так, у більш посушливих умовах 2009 року застосування хлормекватхлориду призводило до максимального зменшення лінійних розмірів стебла, однак відмічалось найбільше по роках зростання його діаметру. Обробка рослин трептолемом також нівелювала прояви дефіциту вологи та зумовлювала значний приріст стебла дослідних рослин.

Анатомічні дослідження свідчать, що потовщення стебла відбувалося за рахунок посилення розвитку кори та ксилеми (табл. 3.1, рис. 3.3.). Так, за дії регуляторів росту кількість судин ксилеми в ряду зростає в 1,3-1,7 рази, що призводить до суттєвого потовщення її шару. Найефективнішим було застосування хлормекватхлориду та суміші ретарданту з трептолемом, при якому шар ксилеми збільшувався в 1,8-1,9 рази.

При використанні регуляторів росту кількість луб'яних волокон в групі не змінювалася, проте зростав їх діаметр, підвищувалося число волокон з важким типом потовщення клітинних оболонок. Зокрема, під впливом трептолему товщина клітинної стінки луб'яного волокна збільшувалась на 30%, суміші стимулятора з ретардантом – на 40%. Максимальне потовщення відмічалось при застосуванні хлормекватхлориду – на 46% порівняно з контролем. У зв'язку з цим поперечні розміри волокон збільшувались на 25-33% (рис. 3.3.).

Таким чином, застосування препаратів призводило до потовщення стебла, зростання кількості судин ксилеми в рядку, збільшення товщини клітинних стінок луб'яних волокон, що покращувало стійкість рослин льону до вилягання та забезпечувало технологічні переваги при зборі врожаю.

Встановлено, що зміни інтенсивності ростових процесів за дії регуляторів росту супроводжувалися посиленням накопичення маси сухої речовини у рослині (рис. 3.4., 3.5.).

**Вплив регуляторів росту на анатомічну будову стебла льону  
олійного сорту Орфей (середні дані за 2009-2010 рр.)**

Показник \ Варіант дослідження	Контроль	Хлормекват-хлорид	Трептолем	Суміш
Товщина епідермісу, мкм	18,5±0,4	20,8±0,5*	19,8±0,4*	21,3±0,6*
Товщина кори, мкм	241±8	320±12*	298±12*	311±14*
Товщина ксилеми, мкм	541±10	1016±12*	769±13*	956±11*
Кількість судин ксилеми в ряду, шт.	23±0,5	40±0,6*	31±0,8*	36±0,8*
Кількість луб'яних волокон в групі, шт.	32±2,1	32±3,8	33±3,6	34±2,0
Діаметр луб'яного волокна, мкм	29±0,5	39±0,6*	36±0,5*	39±0,9*
Товщина клітинної стінки луб'яного волокна, мкм	11,3±0,5	16,8±0,4*	14,7±0,4*	15,8±0,7*

- Примітки: 1. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня.  
 2. Дати відбору проб: 2009 рік – 8 липня, 2010 рік – 4 липня.  
 3. \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Маса сухої речовини листків найбільш інтенсивно накопичувалася під впливом трептолеми. Суха маса стебла зростала при використанні хлормекватхлориду та його суміші зі стимулятором, що пов'язано з формуванням більш потужної механічної та провідної тканин.

Максимальне утворення загальної сухої речовини рослин льону сорту Дебют відбувалося під впливом хлормекватхлориду, для сорту Орфей – за дії суміші препаратів.

Ключову роль у продуктивності рослин відіграє фотосинтетична активність, яка значною мірою визначається як площею листкової поверхні

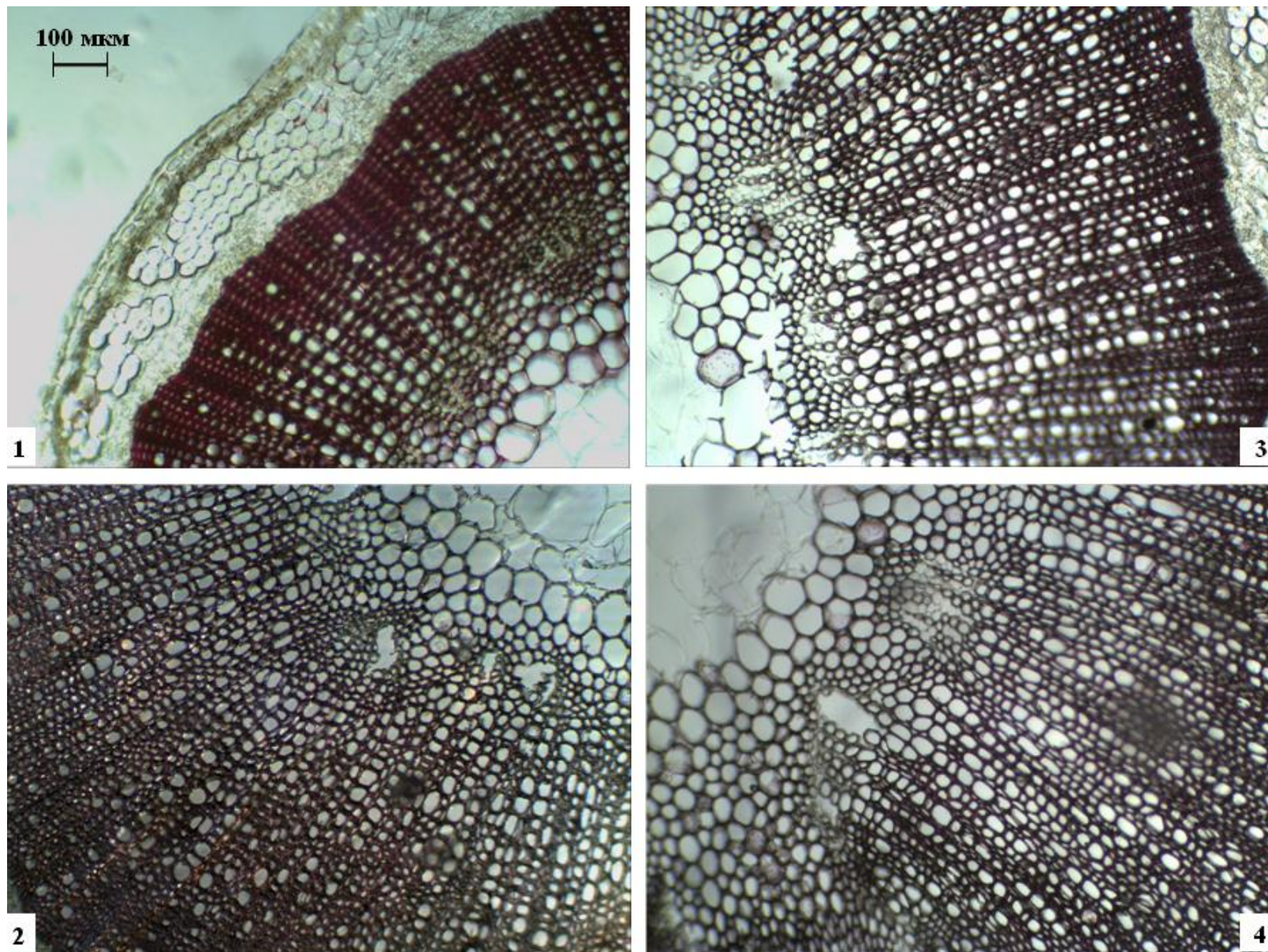


Рис. 3.3. Вплив регуляторів росту на ксилему стебла рослин льону олійного сорту Орфей. 1 – контроль, 2 – хлормекватхлорид, 3 – трептолем, 4 – суміш.

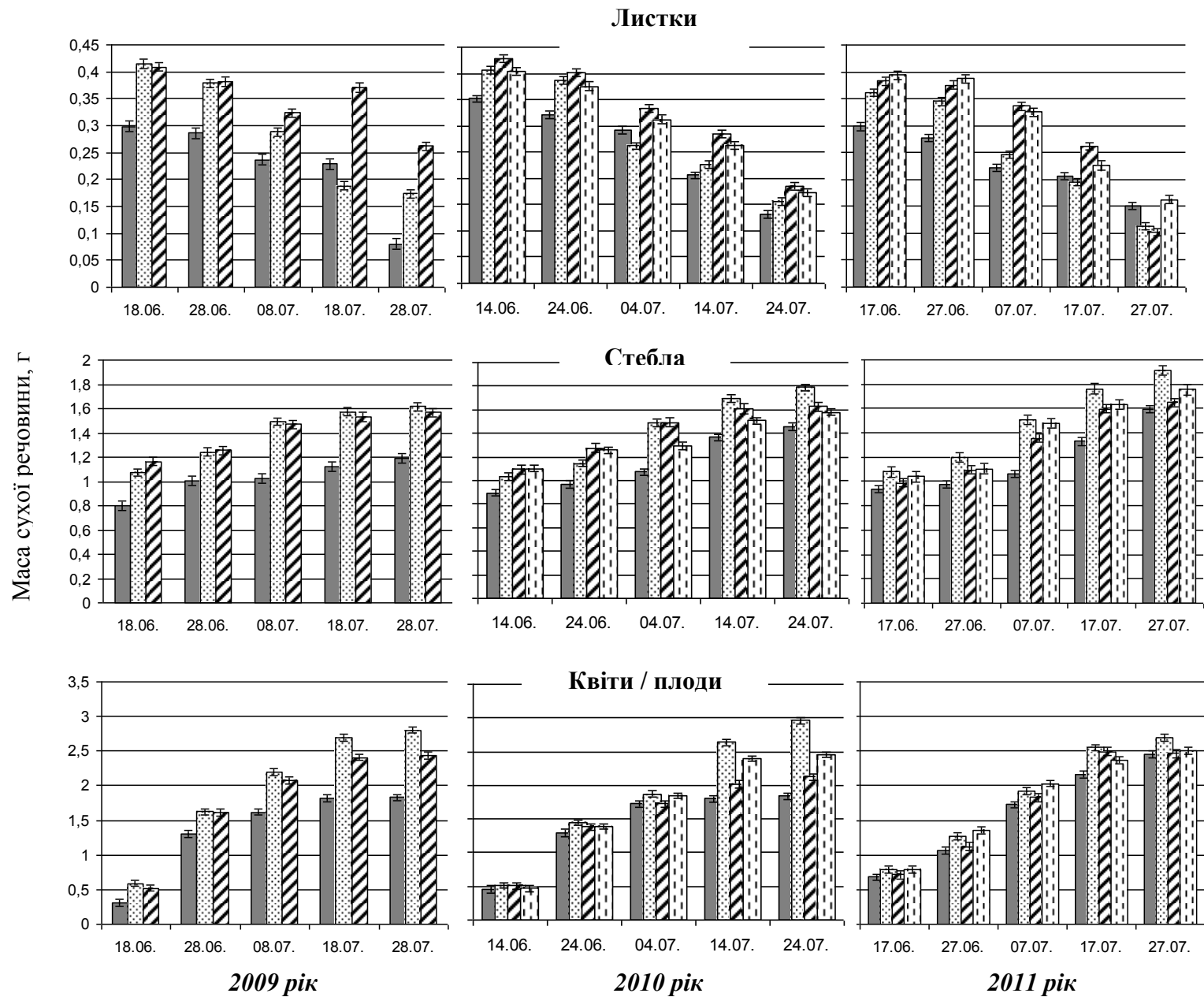


Рис. 3.4. Накопичення маси сухої речовини органами рослин льону олійного сорту Дебют за дії регуляторів росту. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.  
 ■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, □ - суміш препаратів.

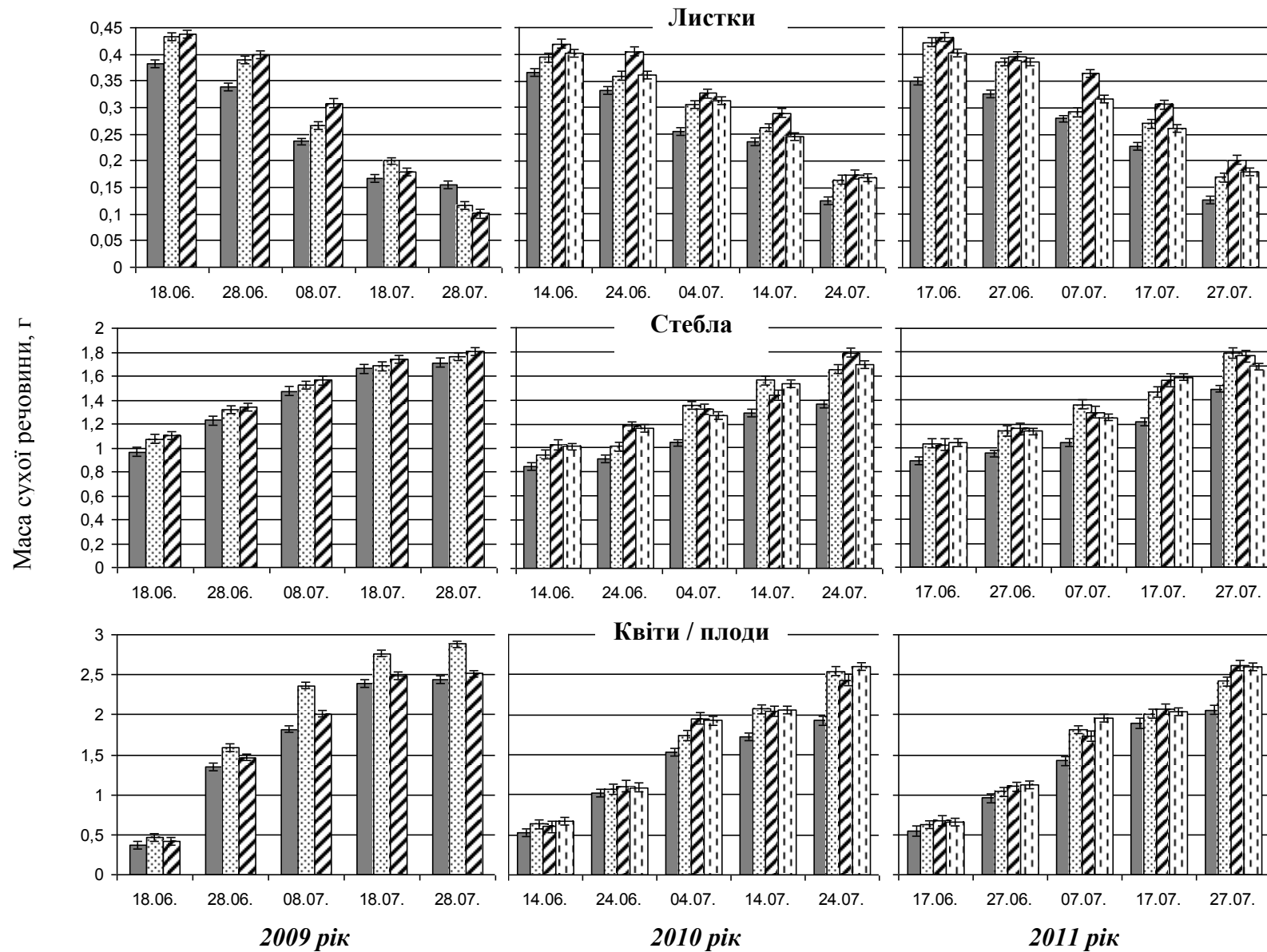


Рис. 3.5. Накопичення маси сухої речовини органами рослин льону олійного сорту Орфей за дії регуляторів росту.

Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.

■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, □ - суміш препаратів.



та анатомічними особливостями листків, так і формуванням запиту на асиміляти акцепторними зонами [235]. Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту з різним механізмом дії зумовлювало зміни у формуванні листкової поверхні рослин льону олійного (рис. 3.6.) [155, 164]. Так, за дії антигіберелінового препарату хлормекватхлориду збільшувалася кількість листків на рослині (рис. 3.7.), однак сумарна площа листкової поверхні не відрізнялася від контролю. Це свідчить про зменшення площі одного листка за дії препарату, що є типовою реакцією рослин на дефіцит гіберелінів [63, 68, 69, 96, 153].

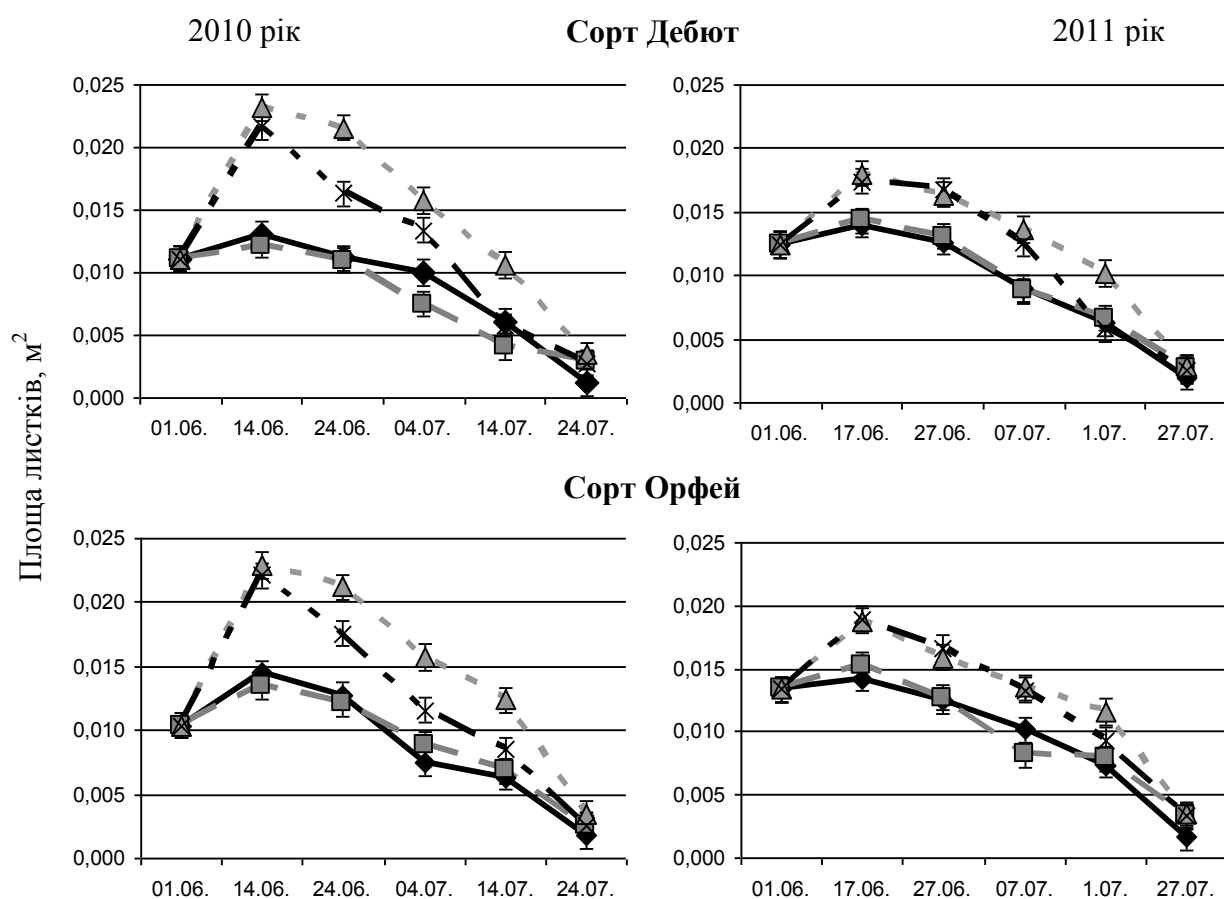


Рис. 3.6. Вплив регуляторів росту на площу листків на рослині льону олійного.

Дати обробки: 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.

— — — — — - контроль, — — — — — - хлормекватхлорид, — — — — — - триптолем, — · — — — — - суміш препаратів.

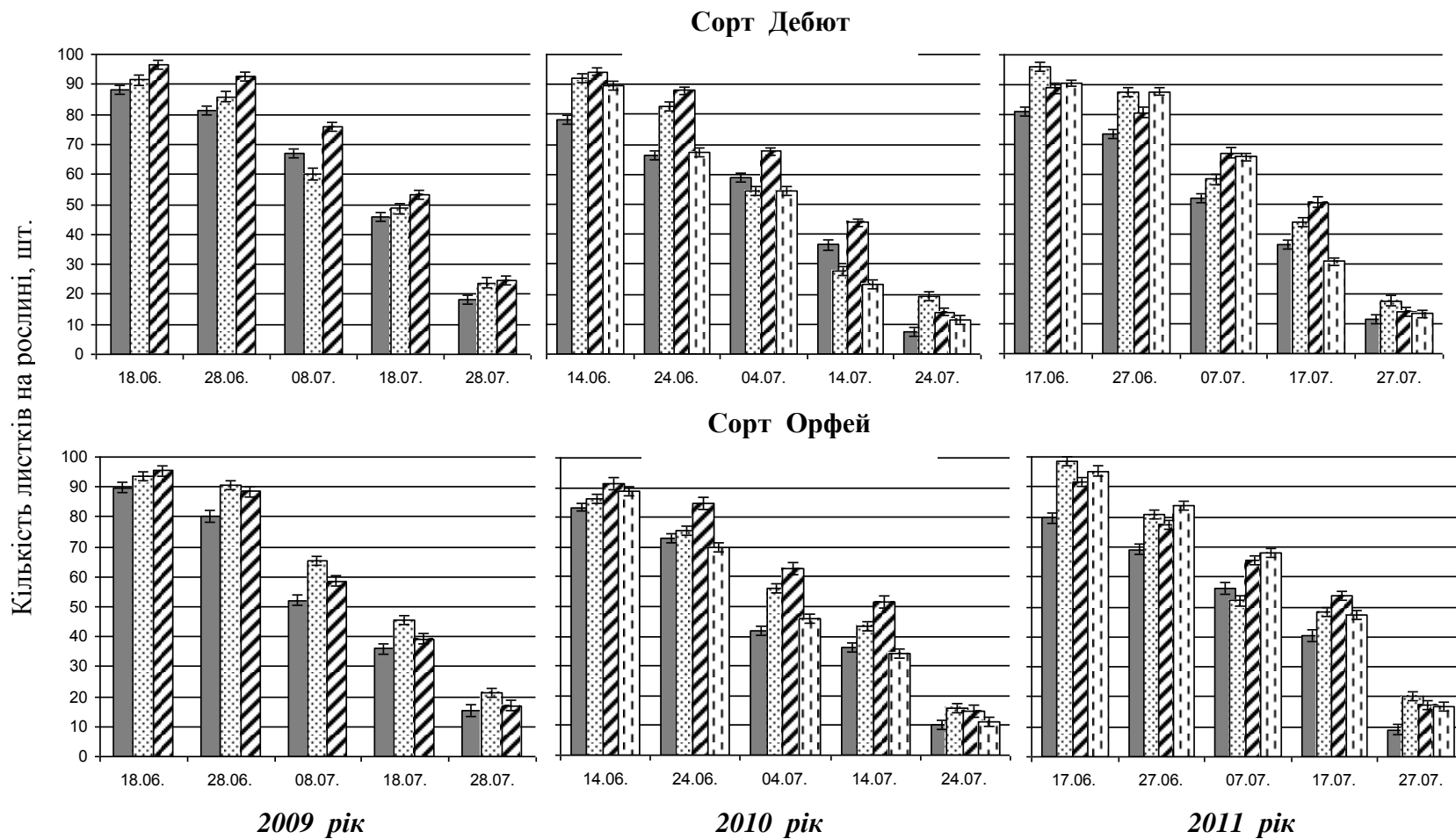


Рис. 3.7. Вплив регуляторів росту на кількість листків на рослині льону олійного.

Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.

■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, □ - суміш препаратів.

За дії комплексного стимулятора росту трептолему з цитокініноюю та ауксиноюю активністю, а також у суміші з ретардантом на рослині формувалася більша кількість листків і суттєво зростала їх сумарна поверхня. Це підтверджує точку зору, що швидкість росту листків пов'язана позитивною кореляцією з вмістом цих фітогормонів. Для формування врожаю рослин льону суттєве значення має не лише величина листкової поверхні, а й швидкість відмирання листків. Отримані результати свідчать, що використання ретарданту та стимулятора росту подовжувало термін життя листків (рис. 3.7.).

У літературі відмічалось, що зменшення площі листка не завжди супроводжувалося зниженням фотосинтетичної продуктивності [64, 92, 138]. Результати наших досліджень свідчать, що під дією регуляторів росту підвищується фотосинтетична активність листків льону, причому найбільше зростання донорного потенціалу на одиницю площі листка відбувалося у варіанті із застосуванням суміші трептолему і хлормекватхлориду, а також за дії окремо стимулятора росту (рис.3.8.). Нами відмічалася пряма залежність між площею листків на рослині льону та чистою продуктивністю фотосинтезу (рис.3.9.).

Збільшення кількості та площі листків у рослин льону за дії трептолему та у суміші з ретардантом сприяє формуванню потужної асиміляційної поверхні, що призводить до посилення фотосинтетичної продуктивності та більш активного накопичення маси сухої речовини. Так, під впливом суміші регуляторів розвитку загальна маса сухої речовини рослин льону сорту Дебют збільшується до  $4,31 \pm 0,18$  г та до  $4,55 \pm 0,21$  г для сорту Орфей, за дії стимулятора росту – відповідно  $4,07 \pm 0,22$  г та  $4,45 \pm 0,19$  г, тоді як в контролі даний показник становить  $3,77 \pm 0,22$  г та  $3,55 \pm 0,20$  г відповідно. При застосуванні хлормекватхлориду маса сухої речовини рослини льону сорту Дебют становила  $4,67 \pm 0,20$  г, сорту Орфей –  $4,37 \pm 0,20$  г.

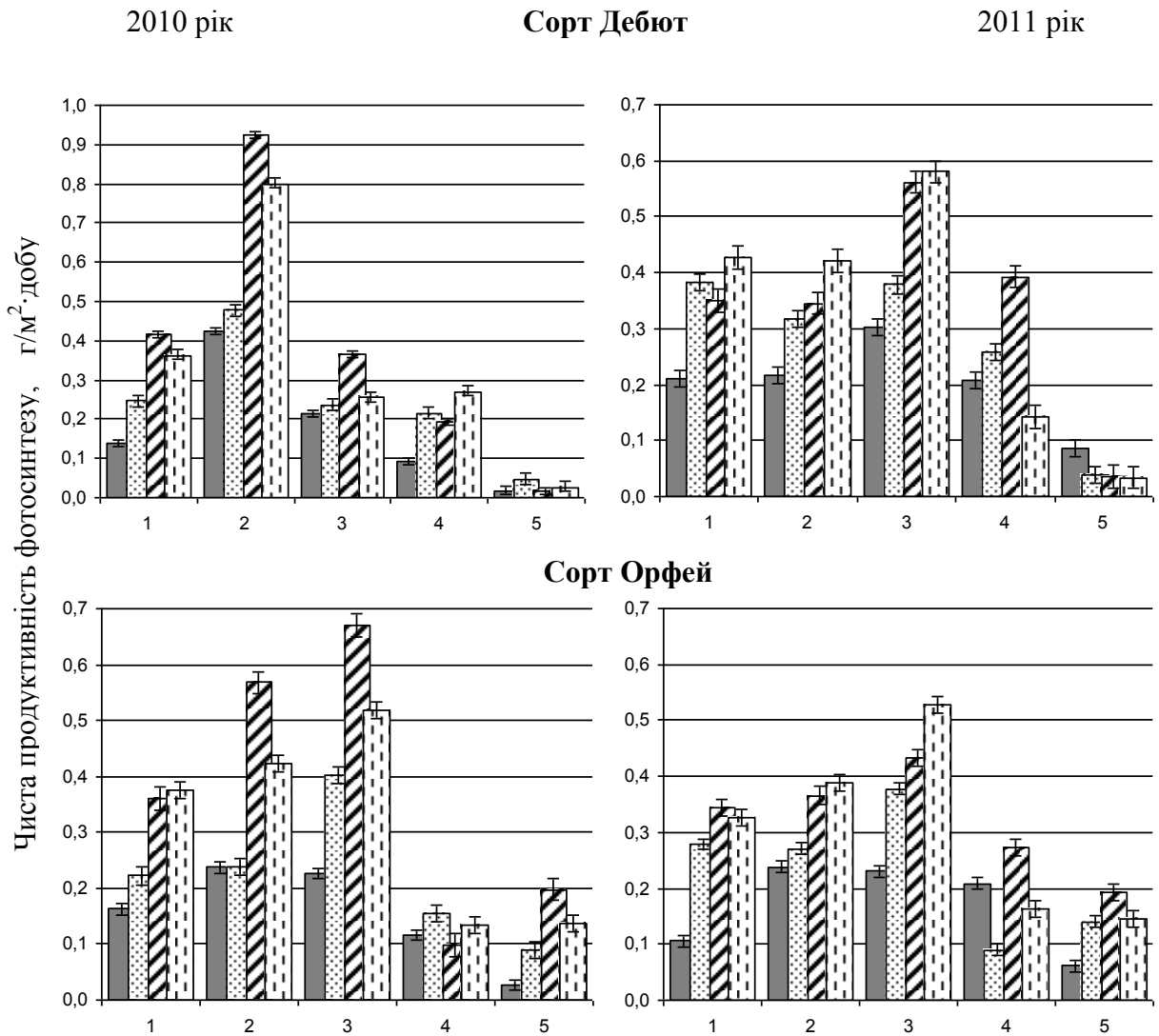


Рис. 3.8. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин льону олійного за дії регуляторів росту.

Дати обробки: 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня. Час після обробки: **1** – 1-10-а, **2** – 10-20-а, **3** – 20-30-а, **4** – 30-40-а, **5** – 40-50-а доба.

■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, □ - суміш препаратів.

Характер фотосинтетичного процесу та субстратне забезпечення ростових процесів великою мірою визначається анатомо-морфологічними особливостями листка [51, 64, 92].

Дослідження анатомічної будови листка свідчать, що застосування препаратів в умовах вегетаційного та польового дослідів суттєво впливало на мезоструктурні характеристики листків льону олійного (табл. 3.2, 3.3).

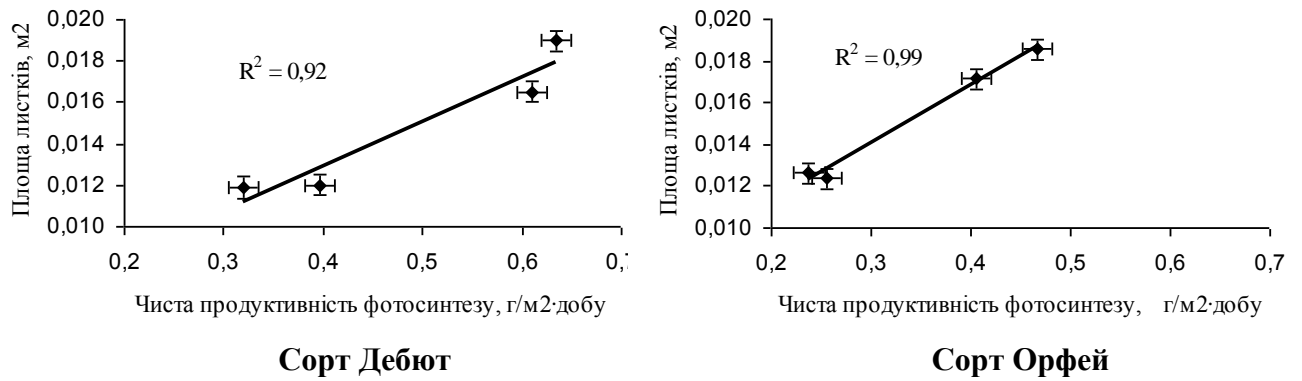


Рис. 3.9. Залежність між площею листків на рослині та чистою продуктивністю фотосинтезу (середні дані за 2009-2011 рр.).

Так, в умовах вегетаційного дослідження нами встановлено, що у молодих рослин льону вже на 25-й день після обробки регуляторами росту

Таблиця 3.2

**Мезоструктурна організація листка рослин льону олійного сорту Орфей за дії регуляторів росту (через 25 днів після обробки)**

Показник \ Варіант дослідження	Контроль	Хлормекват-хлорид	Трептолем
<i>Стовпчаста паренхіма</i>			
Довжина клітини, мкм	31,1±1,6	34,2±1,1	37,5±0,7*
Ширина клітини, мкм	13,3±0,5	14,5±0,3	13,2±0,3
Об'єм клітини, мкм <sup>3</sup>	2981±178	3838±191*	3590±165*
Кількість хлоропластів у клітині, шт.	10,7±0,4	12,4±0,7*	11,3±0,6
Об'єм хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	38,4±2,1	40,5±2,3	39,1±2,4
<i>Губчаста паренхіма</i>			
Довжина клітини, мкм	17,4±0,4	16,3±0,4	16,0±0,5
Ширина клітини, мкм	16,1±0,3	14,3±0,3*	13,0±0,4*
Кількість хлоропластів у клітині, шт.	5,8±0,2	8,4±0,5*	8,6±0,4*
Об'єм хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	28,2±2,2	35,6±2,9	33,7±2,1

Примітки: 1. Рослини обробляли на 20-й день вегетації.

2. \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

відмічалось збільшення розмірів клітин стовпчастої паренхіми листка: під впливом хлормекватхлориду об'єм клітин зростав на 28%, а за дії трептолему – на 20% порівняно з контролем. Разом з цим, вплив регуляторів росту супроводжувався збільшенням кількості та розмірів хлоропластів. Зокрема, при застосуванні препаратів клітини стовпчастої та губчастої паренхіми містили на 1-3 хлоропласти більше, ніж в контролі.

Таблиця 3.3

**Мезоструктурна організація листка рослин льону олійного сорту Орфей за дії регуляторів росту (середні дані за 2010-2011 рр.)**

Показник \ Варіант дослідження	Контроль	Хлормекват-хлорид	Трептолем	Суміш
<i>Стовпчаста паренхіма</i>				
Довжина клітини, мкм	35,6±2,1	39,9±2,0	40,8±1,9	39,3±1,7
Ширина клітини, мкм	13,9±0,8	15,4±0,7	15,9±0,7	15,2±0,8
Об'єм клітини, мкм <sup>3</sup>	3824±171	5327±196*	5727±215*	5317±224*
Кількість хлоропластів у клітині, шт.	12,9±0,5	14,5±0,6	14,7±0,7	14,9±0,6*
Об'єм хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	38,3±1,8	43,6±1,8*	43,9±2,0*	43,9±2,1
<i>Губчаста паренхіма</i>				
Довжина клітини, мкм	19,4±0,7	17,5±0,8	18,4±0,9	18,9±0,8
Ширина клітини, мкм	16,2±0,6	14,2±0,6	14,8±0,7	14,1±0,7*
Кількість хлоропластів у клітині, шт.	6,2±0,3	8,9±0,3*	10,4±0,4*	10,8±0,5*
Об'єм хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	30,7±1,4	37,1±1,6*	38,9±1,6*	37,8±1,7*

- Примітки: 1. Дати обробки: 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.  
 2. Дати відбору проб: 2010 рік – 4 липня, 2011 рік – 7 липня.  
 3. \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Результати, отримані в умовах польових дослідів 2010-2011 рр., підтверджують цю закономірність (табл. 3.3).

Нами досліджено, що зменшення площі листків у рослин льону, оброблених ретардантом, супроводжувалося потовщенням листкової пластинки до  $170,7 \pm 3,4$  мкм проти  $144,7 \pm 1,5$  мкм в контролі, що є типовою реакцією рослин на вплив ретардантів [69, 125]. Аналогічне потовщення листків відбувалося і за дії трептолему та суміші. Товщина листка за дії трептолему та у суміші з інгібітором росту становила відповідно  $170,3 \pm 2,1$  і  $168,4 \pm 4,2$  мкм. Подібні результати були встановлені іншими дослідниками на культурі соняшнику [126].

Нами встановлено, що потовщення листкової пластинки у рослин дослідних варіантів відбувається за рахунок розростання хлоренхіми. За дії препаратів відбувалося суттєве зростання об'єму клітин стовпчастої асиміляційної тканини – основної фотосинтетичної тканини листка. Так, за дії регуляторів росту об'єм клітин стовпчастої паренхіми збільшувався у 1,4-1,5 рази. При цьому розміри клітин губчастої паренхіми достовірно не змінювалися.

Вплив регуляторів росту на фотосинтетичну продуктивність реалізувався і через хлоропластогенез. Отримані нами результати свідчать, що обробка препаратами сприяла збільшенню кількості та об'єму хлоропластів у клітинах хлоренхіми проти контролю.

Так, застосування ретарданту та стимулятора сприяє збільшенню об'єму хлоропластів у клітинах стовпчастої паренхіми на 14-15%, в клітинах губчастої паренхіми – на 21-27% порівняно з контролем. На нашу думку, такий однотипний характер змін під впливом протилежних за фізіологічною дією препаратів є наслідком того, що в обох випадках формувалося одне і теж співвідношення ауксини+цитокініни / гібереліни, яке збільшувалося у порівнянні з необробленими препаратами рослинами.

Аналіз мезоструктурних показників фотосинтетичного апарату рослин льону олійного за дії препаратів свідчить, що під впливом трептолему та у

суміші з хлормекватхлоридом формувався більш потужний фотосинтетичний апарат: збільшувалася площа листкової поверхні і кількість листків, хлоренхіма містила більше хлоропластів, ніж у варіанті з хлормекватхлоридом.

Таким чином, обробка рослин льону олійного хлормекватхлоридом, трептолемом і сумішню препаратів призводила до змін у ростових процесах: ретардант гальмував лінійний ріст рослин, стимулятор та суміш регуляторів росту посилювали наростання стебла. Під впливом регуляторів росту діаметр стебла збільшувався, що зумовлено змінами в анатомічній організації: потовщувалася кора, зростала кількість судин ксилеми в ряду, збільшувався діаметр луб'яних волокон, що покращувало стійкість рослин льону до вилягання та забезпечувало технологічні переваги при зборі врожаю. Застосування рістрегулюючих препаратів призводило до кращого розвитку стовпчастої паренхіми листка, збільшення розмірів та кількості хлоропластів, подовження тривалості життя листків, внаслідок чого збільшувалася продуктивність фотосинтезу, більш інтенсивно відбувалося накопичення маси сухої речовини дослідних рослин.



## **РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ДИНАМІКУ ВМІСТУ ВУГЛЕВОДІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ В ОРГАНАХ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**

### **4.1. Перерозподіл різних форм вуглеводів між органами рослин льону за дії інгібіторів та стимуляторів росту**

Сучасна фітофізіологія розглядає рослину як цілісну саморегулюючу систему, в якій донорами асимілятів виступають фотосинтетичні органи, перш за все листки, всі інші органи є акцепторами [51, 127, 188].

З літературних джерел відомо, що регулятори росту рослин впливають на характер донорно-акцепторних відносин у рослинному організмі. В результаті цього відбуваються зміни у структурній організації вегетативних органів, перебудова асиміляційного апарату, утворення додаткових атрагувальних центрів [98, 92]. Збільшення атрагуючої здатності акцепторних зон призводить до посилення фотосинтетичної фіксації вуглекислого газу, збільшення продуктивності фотосинтезу, частки транспортних форм (сахарози) та відтоку асимілятів із листків.

Швидкість і напрям руху асимілятів визначається формотворчими процесами, тому в онтогенезі рослини змінюється склад сполук, які транспортуються з листків, та характер їх вторинного використання в зонах росту і запасуючих тканинах [3, 65, 129].

Зміни у функціонуванні донорно-акцепторної системи відбуваються за рахунок перерозподілу потоків асимілятів між органами рослини. У зв'язку з цим розробка ефективних методів регуляції онтогенезу за допомогою фітогормональних препаратів потребує дослідження динаміки накопичення пластичних речовин у рослинному організмі.

У літературі представлені поодинокі та розрізнені дані про вплив стимуляторів та інгібіторів росту на накопичення і обмін вуглеводів по органах рослин протягом онтогенезу.

Використання ретардантів призводить до змін у синтезі та перерозподілі вуглеводів у рослині. Так, застосування хлорхолінхлориду на різних етапах онтогенезу зменшувало кількість вуглеводів у рослин бавовнику за рахунок посилення активності амілази та інвертази [122]. Цей же ретардант зумовлював зниження вмісту різних форм цукрів у вегетативних органах чорноплідної горобини та малини [62]. Подібні результати були отримані для цукрових буряків та картоплі за дії паклобутразолу і декстрелу [138, 177]. У спекотних і посушливих умовах вегетації застосування хлормекватхлориду призводило до зниження концентрації вуглеводів та крохмалю у листках і стеблах соняшника [126].

Обробка рослин пшениці хлорхолінхлоридом призводила до збільшення вмісту моносахаридів у першій половині вегетації і до їх зменшення в другій, вміст сахарози змінювався протилежно [107], загальний вміст цукрів у рослині зростав [48]. Ретардант збільшував вміст сухої речовини та крохмалю в бульбах картоплі. При цьому зростала кількість моносахаридів у листках через 10 днів після обробки та у фазу бутонізації, вміст сахарози знижувався [120]. За дії тетциклацису посилювався відтік редуруючих цукрів до бульб картоплі [263].

За дії паклобутразолу відмічалось підвищення вмісту вуглеводів у коренеплодах цукрового буряка [178], депонування цукрів і крохмалю у вегетативних органах озимого ріпаку [125]. Застосування препарату на сіянцях яблуні сприяло збільшенню кількості вуглеводів у листках, стеблах та корінні порівняно з контролем відповідно на 14; 35 та 30% [123].

Вплив стимуляторів росту також супроводжується змінами у кількості вуглеводів у рослинних тканинах. Зокрема, при використанні регуляторів росту з цитокініноюю активністю на основі N,N-оксид піридинів збільшувався вміст цукрів у листках та плодах томатів [115], в коренеплодах моркви [35]. Передпосівна обробка насіння цукрового буряка емістимом С і бетастимуліном підвищували функціональну активність листків, посилювали синтез сахарози та її відтік. Зміни у активності ферментів

сахарозофосфаткінази та сахарозосинтази сприяли покращенню цукристості коренеплодів [39, 129].

Препарати на основі гіберелінів збільшували вміст вуглеводів у плодах томатів, листках капусти. Гетероауксин збільшував вміст суми цукрів у проростків соняшника, посилював накопичення сахарози у проростках гороху, за дії гібереліну зростала кількість моносахаридів [120]. Встановлено зростання вмісту крохмалю в бульбах картоплі при застосуванні картоліну [121], 2,4-Д, епіну та емістиму С [122]. Препарат 6-БАП збільшував вміст вільних цукрів у листках та корінні конюшини лучної [8]. За дії 2,4-Д відмічалось зменшення вмісту різних форм вуглеводів у листках томатів, однак активізувався їх відтік до генеративних органів [120].

Оскільки літературні дані щодо впливу регуляторів росту на особливості накопичення цукрів мають суперечливий характер, одним із завдань нашої роботи було з'ясувати вплив хлормекватхлориду і трептолему на динаміку різних форм вуглеводів у рослин льону олійного.

Результати наших досліджень свідчать, що під впливом регуляторів росту відбуваються зміни в накопиченні і перерозподілі вуглеводів між органами рослин льону протягом вегетаційного періоду [148, 153].

Сумарний вміст вуглеводів (цукри і крохмаль) в листках рослин у всіх варіантах дослідження протягом вегетації був більшим в порівнянні з контролем (рис. 4.1.). Очевидно, у варіантах з хлормекватхлоридом та сумішшю препаратів це пов'язано з блокуванням ретардантом атрагувальної активності зон росту вегетативних органів і зменшенням відтоку асимілятів до них. У випадку з трептолемом це зумовлено стимулюючим впливом регулятора росту на процеси синтезу та більш інтенсивним розвитком рослинного організму.

Накопичення надлишку вуглеводів в листках дослідних варіантів має позитивне значення, оскільки створюється потужний резервний фонд асимілятів, який використовується на формування і ріст плодів льону олійного, кількість яких зростала. Так, за результатами трирічних досліджень

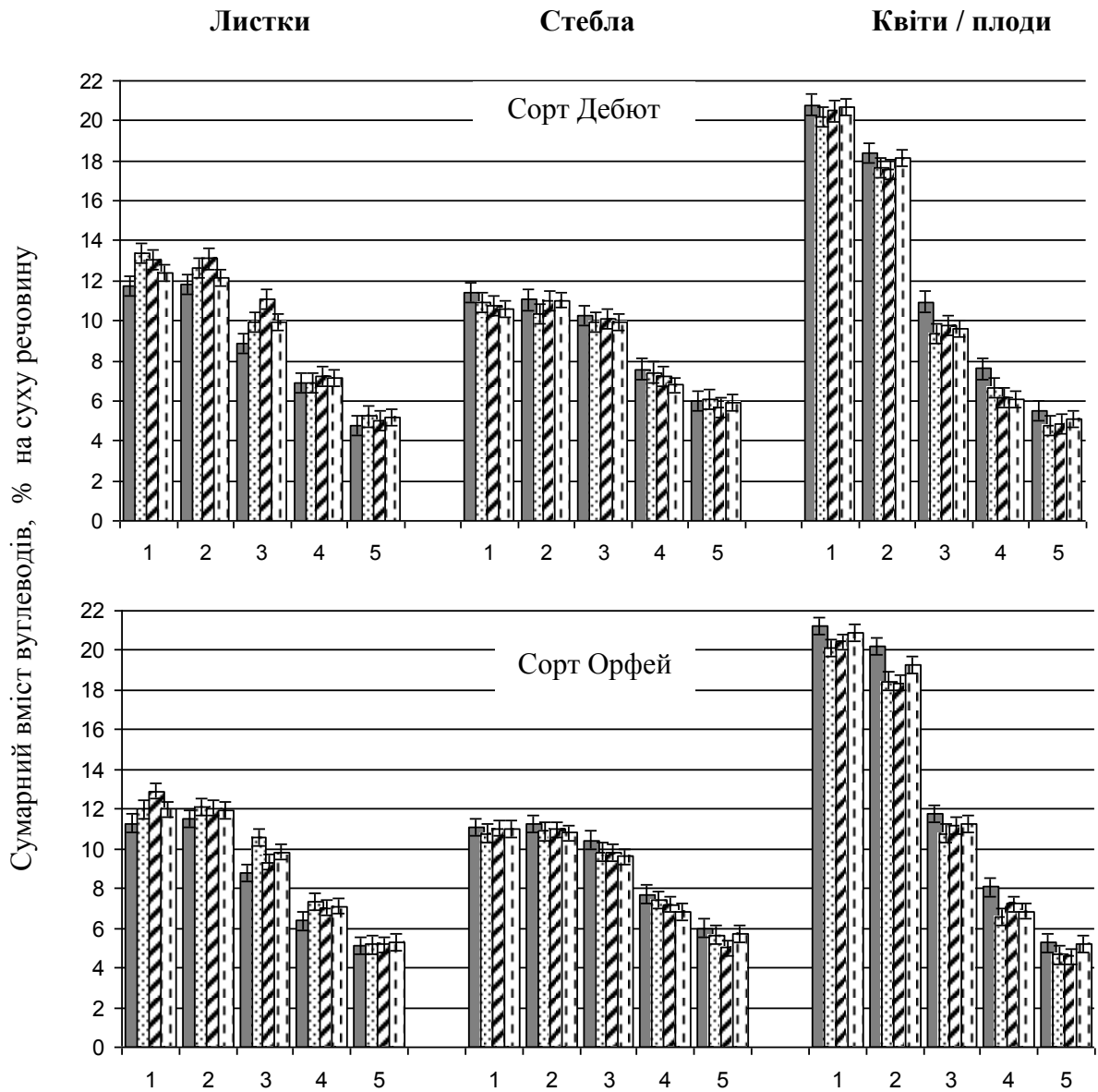


Рис. 4.1. Динаміка сумарного вмісту вуглеводів (цукри+крохмаль) у надземних органах рослин льону олійного під впливом регуляторів росту (середні дані за 2009-2011 рр.).

■ – контроль; ▨ – хлормекватхлорид; ▩ – суміш препаратів; □ – трептолем.

Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня. Час відбору проб: **1-5** – 10-, 20-, 30-, 40-, 50-а доба після обробки.

кількість коробочок на рослині у варіанті з хлормекватхлоридом становила 34-36, за дії трептолему та суміші препаратів – 29-31, тоді як в контролі на рослині формувалося 25-27 плодів (середні дані за 3 роки).

В стеблах рослин, оброблених препаратами, сумарний вміст вуглеводів або не відрізнявся по варіантах досліджу, або був меншим, ніж в контролі. Це добре узгоджується з анатомо-морфологічними даними, представленими в

розділі 3 (табл. 3.1, 3.2, рис. 3.3.). В усіх варіантах дослідів відмічалось потовщення стебла, в основному – за рахунок ксилеми, на формування структурних полісахаридів якої, очевидно, може використовуватись надлишок вуглеводів, що надходить з листків.

Процеси формування і росту плодів по всіх варіантах дослідів супроводжувалися суттєвим зменшенням вмісту в них суми вільних цукрів та крохмалю.

В період початку та масового цвітіння (друга половина червня) в генеративних органах не відмічалось достовірної різниці у вмісті суми вуглеводів під впливом регуляторів росту рослин. Під час фази досягання починає проявлятися різниця у концентрації вуглеводів в тканинах, зменшується вміст суми цукрів у всіх варіантах дослідів порівняно з контролем, що, очевидно, пов'язано з можливим накопиченням інших речовин в насінні – білка та олії. Нами встановлені аналогічні закономірності для квітів і плодів по вмісту окремих фракцій вуглеводів.

Як видно з рисунка 4.2., поступове зменшення сумарного вмісту вуглеводів відбувається як за рахунок крохмалю, так і редукуючих цукрів. За період цвітіння, формування та наливу плодів концентрація крохмалю у вегетативних органах зменшується на 1-2%. При цьому максимальне зниження вмісту даного полісахариду в листках відмічалось при застосуванні хлормекватхлориду на рослинах сорту Дебют, в стеблах – у варіанті з сумішшю препаратів для сорту Орфей. Очевидно, це пов'язано з використанням вуглеводів на біосинтез олії в насінні та накопичення білкових сполук в плодах.

Таким чином, під впливом регуляторів росту зростає донорний потенціал листків дослідних рослин, в яких відмічався підвищений вміст суми цукрів і крохмалю. Надлишок вуглеводів використовувався на формування більш потужного стебла рослин та на ріст плодів, кількість яких зростала за дії препаратів.

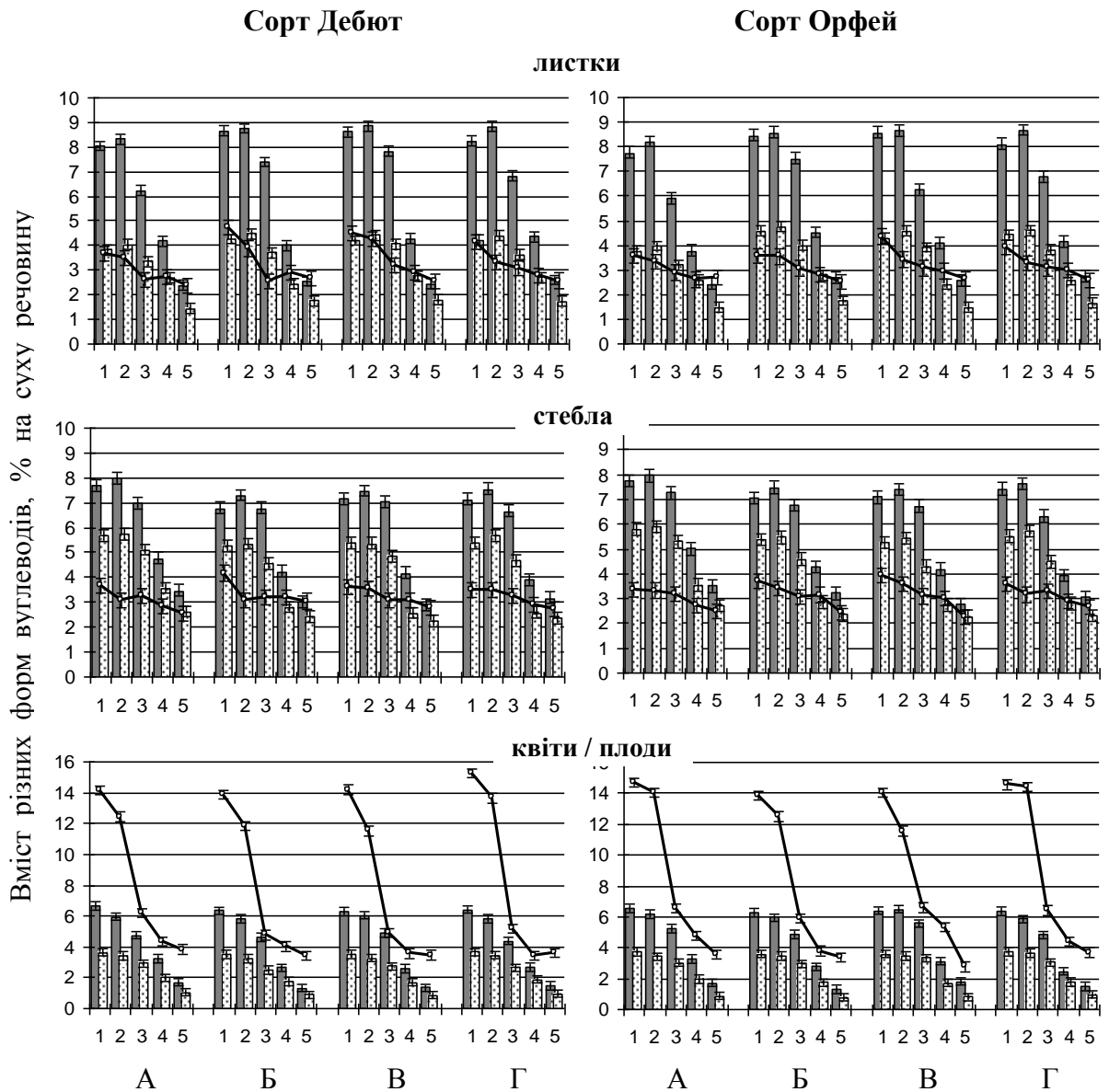


Рис. 4.2. Вплив регуляторів росту на динаміку накопичення різних форм вуглеводів у рослин льону олійного (середні дані за 2009-2011 рр.).

А – контроль; Б – хлормекватхлорид; В – суміш препаратів; Г – трептолем. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня. Час відбору проб: 1-5 – 10-, 20-, 30-, 40-, 50-а доба після обробки.

■ – сума цукрів; ▨ – редукуючі цукри; —●— – крохмаль.

#### **4.2. Вплив регуляторів росту на вміст азоту, фосфору і калію в органах рослин льону олійного**

Відомо, що активність перебігу обмінних процесів в рослинному організмі значною мірою визначається надходженням окремих елементів мінерального живлення [116]. Посилюючи ріст і активність коренів, гормональна система рослин бере участь в регуляції поглинання та включення мінеральних сполук в обмінні процеси [41, 60, 139]. Зважаючи на те, що регулятори росту є модифікаторами гормонального статусу, важливим є питання впливу інгібіторів та стимуляторів росту на метаболізм найважливіших мінеральних елементів у рослині в процесі вегетації.

У літературі зустрічається значна кількість інформації щодо перерозподілу елементів мінерального живлення у різних рослин за дії регуляторів росту, але дані досить суперечливі та розрізнені.

У зв'язку з вирішальним значенням в ростових процесах азотний обмін добре вивчений для багатьох сільськогосподарських культур. Зокрема, хлорхолінхлорид збільшував вміст загального і білкового азоту в коренях, листках та зерні озимої пшениці у перші сім днів після внесення [25, 117]. При застосуванні препарату на посівах моркви відмічалось зменшення кількості білкового азоту в листках та його накопичення в коренеплодах [35]. Аналогічні результати були отримані в роботах інших авторів при використанні ретарданту на зернових, бобових та технічних культурах [116, 128].

За дії хлормекватхлориду збільшувався вміст азоту в листках та коренеплодах цукрового буряку [37]. При внесенні декстрелу та паклобутразолу загальна кількість азоту в коренеплодах на кінець вегетації знижувалася, що свідчить про більш повне їх дозрівання [177]. При обробці рослин сої етрелом збільшувався вміст загального азоту в листках та насінні [252].

Хлормекватхлорид зумовлював збільшення білкового азоту в листках і стеблах соняшника у першій половині вегетації. Проте відмічалось зниження даного показника у насінні впродовж усього періоду його наливу порівняно з контролем [126]. За обробки ріпаку паклобутразолом встановлено, що на перших етапах росту в листках дослідних рослин відбувалося короткочасне збільшення відношення білковий / небілковий азот. В період цвітіння і росту стручків вміст білкової фракції в тканинах вегетативних органів зменшувався [125].

Під впливом кампозану М та дигідрелу встановлено зменшення білкової фракції азоту в зерні озимого жита [181]. Використання препаратів 2-ХЕФК на рослинах пшениці призводило до подібного зниження вмісту білка [116].

Застосування стимуляторів росту на основі гіберелової та індолілоцтової кислот підвищували вміст загального азоту у листках соняшника. Після цвітіння кількість азоту в листках зменшувалась, а в стеблах і кошиках дослідних рослин відмічалось його зростання [10].

Обробка рослин кукурудзи гібереліном та гетероауксином зумовлювала збільшення кількості азотовмісних сполук в насінні [121]. При використанні комплексних регуляторів розвитку рослин емістиму С, агростимуліну, триману та кінетину покращувався вміст розчинних білків у листках та колосках пшениці [2, 39, 54]. Препарати ауксинової природи підвищували вміст усіх форм азоту в рослинах картоплі, насінні квасолі [21].

Разом з цим, застосування бетастимуліну на рослинах цукрового буряка не призводило до змін або зменшувало кількість білкового азоту в листках [129]. Емістим С знижував вміст білків у кормових бобових [2, 261]. В інших дослідженнях встановлено зниження кількості азотовмісних сполук у рослин пшениці [245], гарбуза [71], бавовнику [1].

Роботами інших авторів встановлено, що під час розвитку рослин олійних культур надлишок азоту негативно впливає на процеси оліеутворення. Зокрема, високий вміст азоту призводить до посилення



накопичення білків та одночасного зниження вмісту ліпідів у насінні, зменшуючи кількість ненасичених жирних кислот [240, 251].

За результатами наших досліджень збільшення вмісту вуглеводів у вегетативних органах рослин льону олійного (рис. 4.1.) супроводжувалося зменшенням вмісту загального та білкового азоту в стеблах і листках як в контролі, так і в рослин дослідних варіантів (рис. 4.3.).

Максимальна кількість азотовмісних речовин у листках і стеблах відмічалася на початкових етапах дослідження, при цьому листки характеризувалися більшим вмістом азоту порівняно з іншими органами. Загальний вміст азоту у листках був у 2,6-3 рази вищим, ніж в стеблах, білкової фракції азоту – в 3,2-3,5 разів більше [151, 163].

До кінця вегетації вміст білкової фракції азоту у тканинах вегетативних органів зменшувався більш активно під впливом регуляторів росту, що, на нашу думку, пов'язано з відтоком азотовмісних сполук до плодів, кількість яких зростає. Зокрема, в контролі на рослині формувалося 25-27 коробочок, під впливом ретарданту – 34-36, у варіанті з стимулятором та сумішшю препаратів – 29-31 (середні дані за 3 роки). Подібні результати було отримано в роботах інших авторів на рослинах озимого ріпаку, соняшнику [125, 126].

На початкових етапах вегетації загальний вміст азоту в квітах і плодах був у 1,2-1,5 рази нижчий, порівняно з листками, вміст білкового азоту – в 1,4-1,7 раз. В кінці вегетації під час фаз жовтої та повної стиглості концентрація азоту в коробочках у 1,2-1,6 раз перевищувала вміст азоту в листках. Максимальний вміст азоту в плодах встановлено в кінці фази досягання як в контролі, так і в досліді. При застосуванні регуляторів росту кількість азоту зростала несуттєво, але найвищий вміст загального та білкового азоту відмічався за впливу хлормекватхлориду.

Підтримання певного балансу елементів живлення за впливу регуляторів росту сприяє нормальному проходженню фаз онтогенезу рослин, покращенню продуктивності культур [130, 248].

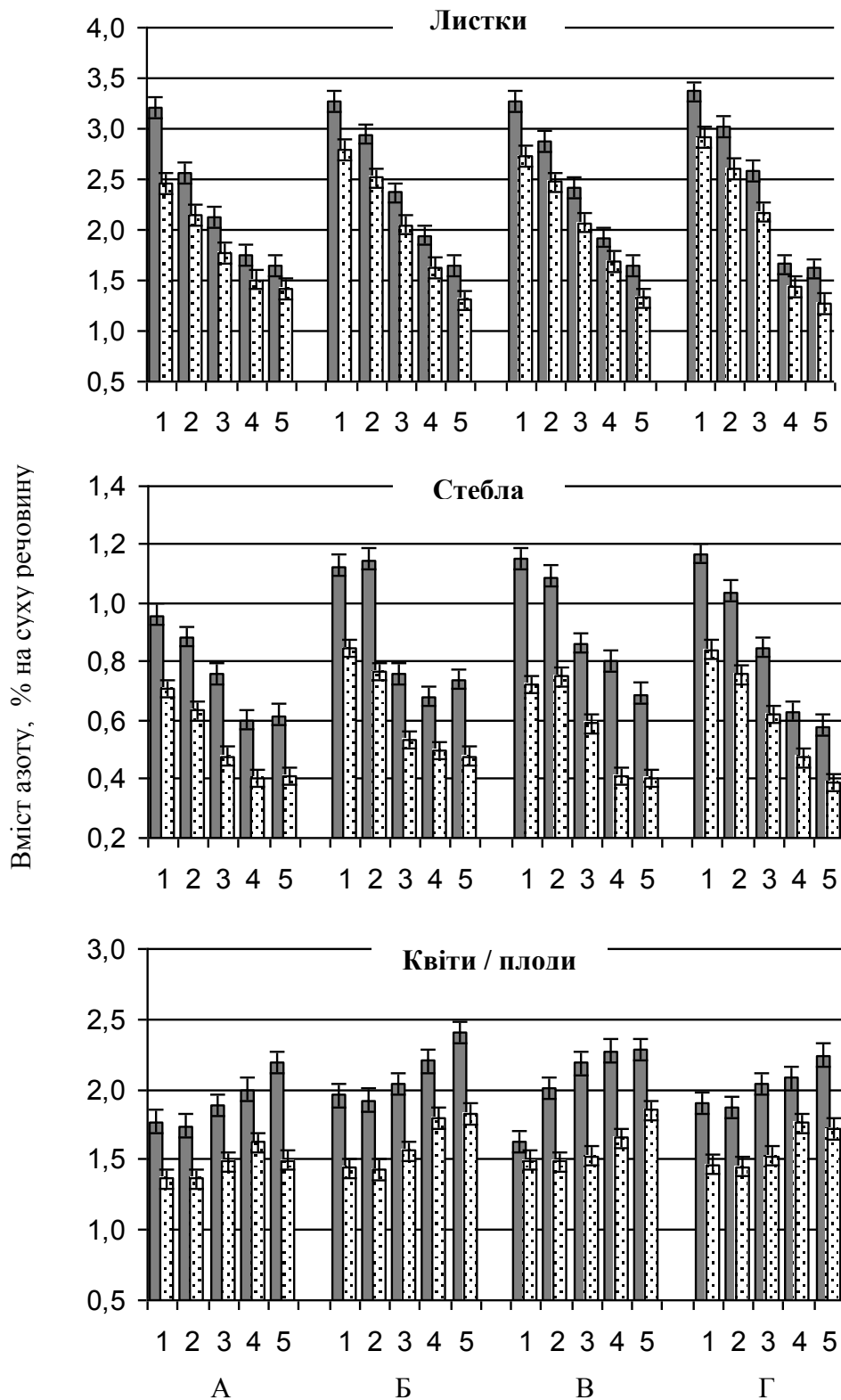


Рис. 4.3. Вплив регуляторів росту на динаміку накопичення азоту у рослин льону олійного сорту Орфей (середні дані за 2009-2011 рр.).

А – контроль; Б – хлормекватхлорид; В – суміш препаратів; Г – трептолем. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня. Час відбору проб: 1-5 – 10-, 20-, 30-, 40-, 50-а доба після оброки.

■ – загальний азот, ▨ – білковий азот.

Так, при застосуванні декстрелу і паклобутразолу відмічалось збільшення вмісту фосфору в листках цукрового буряка та зменшенням його у коренеплодах, тоді як динаміка вмісту калію була протилежною [177]. Дія хлормекватхлориду супроводжувалася зниженням кількості фосфору в листках та зростанням вмісту калію як в листках, так і в коренеплодах дослідних рослин [22].

При застосуванні хлорхолінхлориду на проростках кукурудзи посилювалося поглинання коренями фосфору та його переміщення вгору по рослині. Однак препарат призводив до уповільнення засвоєння неорганічного фосфору рослинами пшениці та включення його до нуклеотидів [122].

Оброблені ретардантами рослини картоплі характеризувалися збільшеним вмістом фосфору в бульбах протягом усього дослідження. У листках дослідних рослин відбувалося збільшення вмісту фосфору на початку і зменшення його на кінець вегетації [16, 139]. Вміст калію в листках зменшувався на початку дослідження, у період цвітіння спостерігалось його збільшення із подальшим зменшенням у кінці дослідження. У бульбах збільшення вмісту калію відбувалося лише на перших етапах дослідження з подальшим його зниженням [138].

В період плодоношення під впливом хлорхолінхлориду відбувалося збільшення вмісту калію в листках чорноплідної горобини [62]. Ретардант призводив до зменшення виділення калію коренями рослин соняшника [25].

При вивченні метаболізму елементів мінерального живлення в органах рослин льону олійного нами встановлено, що при застосуванні препаратів відмічалось зростання вмісту фосфору в листках на початку дослідження з наступним його поступовим зменшенням на кінець вегетації (рис. 4.4.). Це пояснюється посиленням відтоком даного елемента до плодів, які в цей час інтенсивно формуються. При цьому вміст фосфору в листках за дії хлормекватхлориду і його суміші з трептоломом під час цвітіння був вищим, ніж в контролі, що свідчить про оптимізацію фосфорного живлення льону олійного під впливом вказаних препаратів.

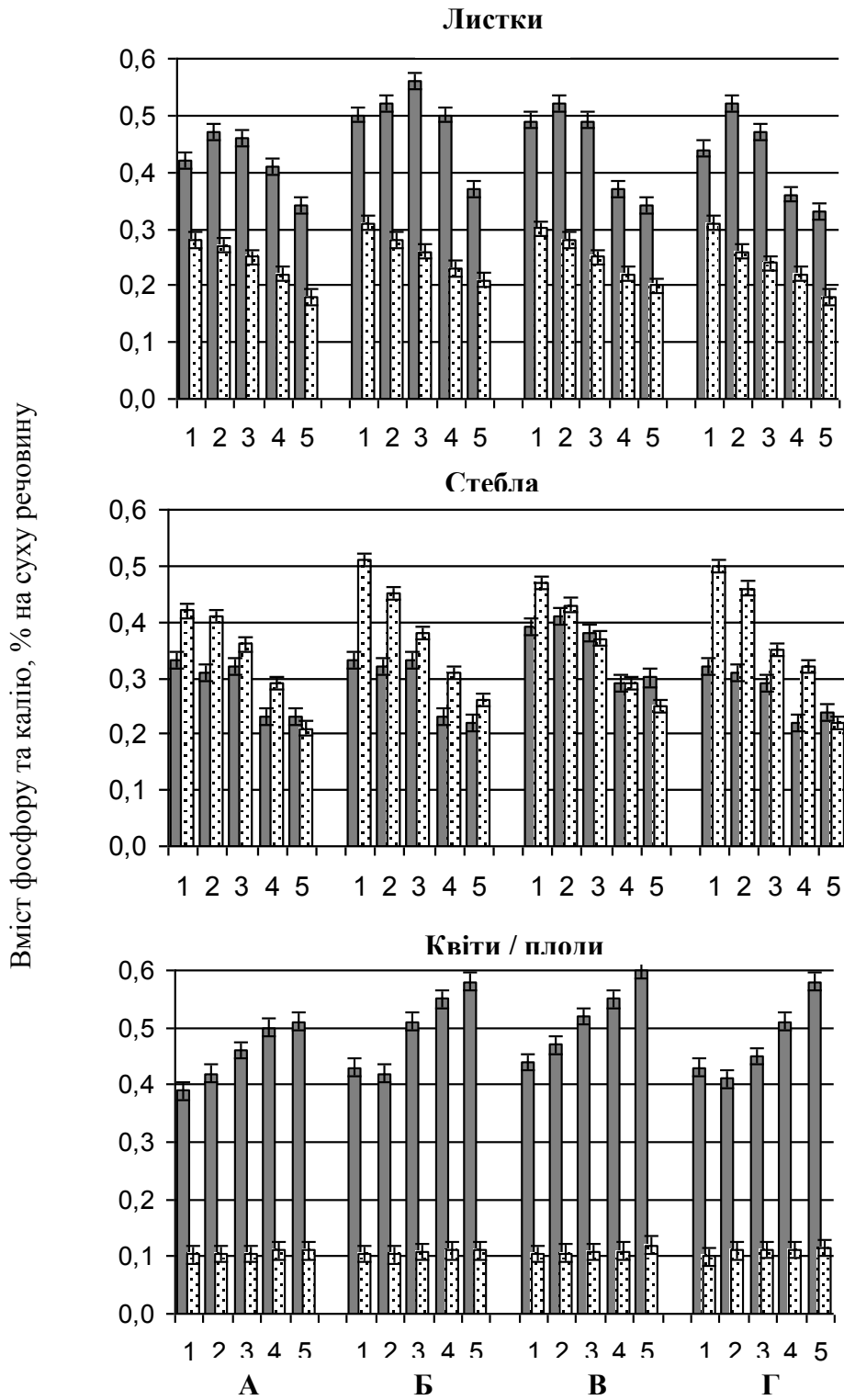


Рис. 4.4. Вплив регуляторів росту на динаміку накопичення фосфору та калію у рослин льону олійного сорту Орфей (середні дані за 2009-2011 рр.).

А – контроль; Б – хлормекватхлорид; В – суміш препаратів; Г – трептолем. Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня. Час відбору проб: 1-5 – 10-, 20-, 30-, 40-, 50-а доба після оброки.

■ – вміст фосфору, □ – вміст калію.

Така ж закономірність відмічалась і для стебла. Найбільш високий вміст фосфору в стеблах відмічався за дії суміші регуляторів росту. Це вказує на те, що стебло є органом тимчасового депонування фосфору з наступним його використанням. Аналогічний характер динаміки вмісту фосфору був виявлений для рослин картоплі при застосуванні ретардантів [139].

Концентрація фосфору в плодах в онтогенезі зростає. Під час фази цвітіння та на початку досягання (друга половина червня – початок липня) вміст елементу в генеративних органах за дії регуляторів росту був близьким до контролю. Проте в кінці вегетації у рослин дослідних варіантів вміст фосфору був більшим, ніж в контролі. При застосуванні суміші хлормекватхлориду та трептолему кількість фосфору в плодах зростала найбільш активно – на 0,17%, під впливом окремо ретарданту і стимулятора – на 0,15%, тоді як в контролі концентрація елементу змінилася на 0,11%.

Калій є одним з основних елементів мінерального живлення рослин. Він становить основну частину катіонів клітинного соку, впливає на колоїдні властивості цитоплазми, необхідний для поглинання і транспорту води, роботи продихів. При дефіциті калію порушується ламелярно-гранулярна організація хлоропластів, знижується продуктивність фотосинтезу, перш за все за рахунок зменшення швидкості відтоку асимілятів з листків. Відомо більше 60 ферментних систем, які активуються калієм. Під впливом калію збільшується накопичення крохмалю в бульбах картоплі, сахарози в цукровому буряку, моносахаридів в плодах, целюлози, геміцелюлози в клітинній стінці рослин, підвищує стійкість соломини злаків до вилягання, у льону і конопель поліпшує якість волокна [132, 177, 240]. У зв'язку з цим важливим є встановити особливості обміну калію в рослинах льону олійного при застосуванні регуляторів росту.

Нами встановлено, що за дії регуляторів росту відмічалось збільшення концентрації калію у вегетативних органах відносно контролю, що свідчить про посилення обмінних процесів за дії препаратів (рис. 4.4.).

Більш чітко ця тенденція прослідковується для стебел. Зокрема, в стеблах рослин льону, оброблених хлормекватхлоридом, вміст калію був вищим протягом всього періоду дослідження. Водночас, за використання регуляторів росту вміст елементу знижувався більш інтенсивно. Так, за період спостережень концентрація калію в контролі зменшувалася на 0,21%, під впливом ретарданту – на 0,25%, за дії суміші препаратів – на 0,22%. При обробці трептоломом відмічалось максимальне зниження вмісту калію в стеблі – на 0,28%. На нашу думку, тимчасове депонування калію в стеблі дає можливість активніше реутилізувати його в подальшому для забезпечення формування і росту плодів.

Відомо, що найбільша кількість калію поглинається в період інтенсивного наростання вегетативної маси. У зернових максимум надходження калію закінчується до початку молочної стиглості, у картоплі, цукрових буряків – в період формування бульб, коренеплодів, у льону – в фазу цвітіння.

Результати наших досліджень підтверджують ці дані. Так, вміст калію в тканинах вегетативних органів рослин льону був максимальним в період цвітіння. Під час формування та дозрівання плодів вміст елементу як в листках, так і в стеблах зменшувався. На нашу думку, це пов'язано з посиленням відтоку пластичних і мінеральних сполук до генеративних органів, які формуються.

Разом з цим, в рослинах дослідних варіантів не відбувається суттєвого накопичення калію в коробочках, що, очевидно, пов'язано з біорозбавленням цього елемента внаслідок збільшення навантаження рослини плодами.

Таким чином, обробка рослин льону олійного хлормекватхлоридом, трептоломом і сумішшю препаратів призводила до змін у засвоєнні та перерозподілі основних елементів живлення. В цілому протягом вегетації вміст азоту, фосфору та калію у вегетативних органах поступово зменшується, а в плодах відбувалися протилежні зміни. Найбільш ефективно

зниження вмісту азоту у листках відмічалось за дії хлормекватхлориду, в стеблах і насінні – при застосуванні суміші хлормекватхлориду і трептолему. Під впливом препаратів спостерігалось підвищення концентрації фосфору та калію у вегетативних органах.

## РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИН ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ

### 5.1. Вплив регуляторів росту з різним напрямком дії на продуктивність рослин олійного льону

Регуляція росту і розвитку рослин за допомогою фізіологічно активних речовин дозволяє спрямовано впливати на окремі етапи онтогенезу з метою мобілізації генетичних можливостей рослинного організму та, в кінцевому підсумку, підвищувати продуктивність та якість врожаю сільсько-господарських культур [11, 24]. Сучасні літературні джерела містять значну кількість даних щодо покращення врожайності зернових [52, 73, 94, 117, 124, 253], овочевих [19, 81, 124], технічних [20, 129, 139, 177, 225, 248], плодово-ягідних культур [62, 236, 258] за дії регуляторів росту рослин.

Відомо, що застосування фітогормональних препаратів супроводжується зростанням врожайності і для олійних культур. Зокрема, під впливом хлормекватхлориду в рослин соняшника відбувалося посилення відтоку вуглеводів від вегетативних органів до плодів, що забезпечувало збільшення врожаю насіння [126, 270]. При використанні хлорхолінхлориду та алару на цій же культурі врожай насіння збільшувався на 14-25% [101, 269]. Разом з тим, в польових дослідженнях інших авторів застосування ССС на рослинах соняшника значно зменшувало його урожайність [191].

При оприскуванні рослин ярого ріпаку розчинами четвертинних онієвих сполук 3-DEC і 17-DMC відмічалось зростання врожайності на 10-27%, в основному за рахунок впливу на формування стручків головного стебла [89]. Застосування паклобутразолу і декстрелу на озимому ріпаку призводило до зростання кількості пагонів першого порядку та стручків, що підвищувало насіннєву продуктивність культури [125]. Подібні результати були отримані при використанні триапентанолу [194], модусу [217] та церону в низьких концентраціях перед початком цвітіння [256]. Однак інші



терміни та дози препаратів не впливали або зменшували насіннєву продуктивність озимого ріпаку [237, 256].

Обробка рослин сої хлормекватхлоридом та декстрелом сприяла більш інтенсивному накопиченню маси генеративних органів та зростанню врожайності на 5-12% [20]. За дії фолікуру [246] і паклобутразолу [251] відмічалось збільшення продуктивності рослин гірчиці.

Застосування регуляторів росту стимулюючої дії також покращує врожайність сільсько-господарських культур. Так, при використанні терпенолу, гетероауксину, індолілоцтової кислоти, гібереліну відбувалося зростання продуктивності соняшника [115]. Препарати на основі N-оксид-2,6-диметилпіридину сприяють збільшенню врожаю та його якості для олійних культур. Обробка насіння та посівів агростимуліном, емістимом С, трептоломом призводила до зростання продуктивності озимого і ярого ріпаку [112, 124], соняшнику [2, 39, 126], сої [10, 112, 120].

В роботах інших авторів встановлено вплив регуляторів росту на посівах льону-довгунця, однак дані щодо застосування сучасних препаратів на рослинах льону олійного обмежені.

Дослідження дії препаратів на основі N-оксидів похідних піридину та їх композицій з нативними регуляторами росту на ріст і розвиток рослин льону-довгунця свідчать про позитивний вплив на продуктивність культури. Зокрема, передпосівна обробка насіння емістимом С, агростимуліном, триманом, метіуром сприяла зростанню врожаю насіння на 12-26%. Позакореневе внесення вогнику у фазу «ялинки», емістиму С, агростимуліну за повних сходів зумовлювало приріст врожаю соломи на 4-6% та насіння на 2-14% [10, 61, 74, 75, 124].

При застосуванні фундазолу, епіну-екстра, циркону збільшувалась кількість коробочок на рослині та насінин в коробочці, що призводило до зростання врожайності на 1,5-1,8 ц/га [9, 30, 53].

Використання препарату Альбіт на основі комплексу полігідрооксималярної кислоти, стимуляторів росту та індукторів імунітету

для передпосівної обробки насіння льону-довгунця підвищувало врожайність насіння на 6-12%, у поєднанні з позакореневим підживленням – на 18-27% [29].

Біостимулятор фітостим, який містить фітогормони та інші біологічно активні сполуки, при обприскуванні посівів льону забезпечував приріст урожаю насіння на 42%. За умов передпосівного застосування насіннева продуктивність збільшувалася на 71%, при цьому збільшувалася кількість коробочок на рослині та маса 1000 насінин [171].

При обробці посівного матеріалу препаратами гумату натрію та повторне їх внесення у фазу «ялинки» знижувалася враженість рослин льону антракнозом та покращувалися показники продуктивності, особливо маса 1000 насінин [173].

Рослини льону при оптимальних умовах водного живлення схильні до вилягання, що може бути знівельовано за рахунок використання ретардантів. Так, при обробці посівів льону за висоти рослин 4-6 см розчином хлорхолінхлориду в концентрації 2-6 кг/га та етрелу в дозі 1-2 кг/га відмічалася уповільнення росту культури. При зменшенні врожаю соломи маса насіння зростала [48]. Однак високі дози етрелу та дигідрелу знижували насінневу продуктивність льону [4, 5]. Внесення кампозану на початку бутонізації або цвітіння сприяло збільшенню врожаю насіння на 1,4 ц/га [31].

Використання епіну та гомобрасинолідів на РК та NPK фонах мінерального живлення призводило до підвищення врожайності насіння льону олійного відповідно на 16,7 і 17,2 ц/га проти 15,0 ц/га при повному мінеральному живленні [56].

Обробка препаратом FD 4121A (суміш паклобутразолу та хлормекватхлориду) забезпечувала зменшення вилягання посівів та збільшення кількості коробочок на рослині, що сприяло підвищенню врожайності льону олійного [203]. Використання хлормекватхлориду і етефону сприяло розвитку бічних продуктивних стебел, однак внесення препаратів у ранні строки розвитку рослин знижувало врожайність олійного

льону [231]. Отже, проблема покращення продуктивності льону олійного за рахунок застосування регуляторів росту і розвитку рослин потребує подальшого вивчення.

Результати наших досліджень свідчать, що застосування ретарданту групи четвертинних амонієвих сполук хлормекватхлориду, комплексного стимулятора розвитку трептолему з цитокініновою та ауксиною активністю, а також їх суміші зумовлювало зростання врожайності льону олійного [66, 67, 69, 103, 166]. Вплив препаратів на продуктивність льону виявився у змінах структури врожаю [149, 150, 154]. Так, в умовах дрібноділянкового дослідження за обробки препаратами відмічалось збільшення числа коробочок на рослині, кількості насінин у плодах та маси насіння (табл. 5.1, 5.2).

Застосування хлормекватхлориду призводить до блокування синтезу гіберелінів і часткового зняття ефекту апікального домінування, внаслідок чого відбувається посилення галушення стебла і закладка більшої кількості коробочок [153, 159, 161]. Так, за дії препарату даний показник в середньому зростав на 35-39% порівняно з контролем, при застосуванні суміші регуляторів росту – на 22-31%. У всіх варіантах дослідження маса 1000 насінин збільшувалася на 2,3-4,1%. Маса насіння з однієї рослини найбільш суттєво змінювалась при обробці хлормекватхлоридом – на 0,4-1,3 г, а також у суміші з трептолемом – на 0,5-0,9 г, при застосуванні трептолему – на 0,2-0,5 г. Результати наших досліджень свідчать, що врожайність льону олійного найбільше корелює з кількістю плодів та насіння (рис. 5.1.).

Метеорологічні умови у період вегетації можуть впливати на продуктивність культури, що підтверджують дослідження інших авторів [33]. Зокрема, у більш типовому за кількістю опадів 2010 році при використанні хлормекватхлориду врожайність зростала найбільш суттєво – на 14,8% для сорту Дебют та на 15,4% порівняно з контролем для сорту Орфей.

**Вплив регуляторів росту на продуктивність  
рослин льону олійного сорту Дебют**

Рік	Варіант дослідів	Кількість плодів на рослині, шт.	Кількість насінин у коробочці, шт.	Маса 1000 насінин, г	Відношення маси насіння до маси рослини	Маса насіння з рослини, г	Урожайність, ц/га
2009	Контроль	28,68 ±0,96	8,27 ±0,22	7,63 ±0,02	0,584	1,81 ±0,08	18,65 ±0,33
	Хлормекват-хлорид	40,80 ±1,92*	8,93 ±0,20*	7,95 ±0,03*	0,630	2,89 ±0,15*	21,15 ±0,30*
	Трептолем	33,60 ±1,65*	8,83 ±0,25	7,84 ±0,02*	0,544	2,32 ±0,14*	19,15 ±0,27
2010	Контроль	22,13 ±0,72	8,20 ±0,25	7,57 ±0,08	0,400	1,37 ±0,09	18,26 ±0,10
	Хлормекват-хлорид	36,30 ±0,77*	9,20 ±0,21*	7,92 ±0,04*	0,538	2,64 ±0,15*	20,98 ±0,12*
	Суміш препаратів	32,17 ±0,65*	9,13 ±0,13*	7,81 ±0,05*	0,545	2,29 ±0,12*	19,76 ±0,17*
	Трептолем	28,10 ±0,68*	8,43 ±0,25	7,75 ±0,07	0,467	1,84 ±0,11*	18,92 ±0,10*
2011	Контроль	24,27 ±1,03	8,23 ±0,22	7,75 ±0,02	0,369	1,55 ±0,08	17,83 ±0,23
	Хлормекват-хлорид	27,13 ±1,22	9,17 ±0,16*	7,96 ±0,02*	0,420	1,98 ±0,11*	20,33 ±0,25*
	Суміш препаратів	28,27 ±1,22*	9,13 ±0,17*	7,91 ±0,02*	0,461	2,04 ±0,14*	21,60 ±0,20*
	Трептолем	25,43 ±1,14	8,33 ±0,18	7,99 ±0,03*	0,401	1,69 ±0,13	18,65 ±0,27

Примітка: \* – різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

**Вплив регуляторів росту на продуктивність  
рослин льону олійного сорту Орфей**

Рік	Варіант досліджу	Кількість плодів на рослині, шт.	Кількість насінин у коробочці, шт.	Маса 1000 насінин, г	Відношення маси насіння до маси рослини	Маса насіння з рослини, г	Урожайність, ц/га
2009	Контроль	30,24 ±1,73	8,10 ±0,25	7,82 ±0,03	0,444	1,91 ±0,04	19,75 ±0,28
	Хлормекват-хлорид	42,14 ±1,11*	9,07 ±0,16*	8,15 ±0,03*	0,627	3,11 ±0,13*	21,95 ±0,25*
	Трептолем	35,28 ±1,07*	8,30 ±0,23	8,06 ±0,01*	0,534	2,36 ±0,14*	20,35 ±0,30
2010	Контроль	24,60 ±0,70	8,27 ±0,24	7,91 ±0,08	0,471	1,61 ±0,10	18,30 ±0,10
	Хлормекват-хлорид	37,17 ±0,80*	9,33 ±0,15*	8,25 ±0,04*	0,656	2,86 ±0,17*	21,12 ±0,13*
	Суміш препаратів	31,56 ±0,57*	9,13 ±0,16*	8,14 ±0,05*	0,527	2,35 ±0,09*	20,10 ±0,26*
	Трептолем	28,53 ±0,67*	8,47 ±0,21	8,11 ±0,04*	0,446	1,96 ±0,11*	19,00 ±0,11*
2011	Контроль	26,17 ±0,95	8,37 ±0,18	7,85 ±0,02	0,467	1,72 ±0,12	18,23 ±0,14
	Хлормекват-хлорид	30,17 ±1,16*	9,10 ±0,18*	8,15 ±0,02*	0,512	2,24 ±0,15*	20,78 ±0,17*
	Суміш препаратів	30,07 ±1,22*	9,03 ±0,18*	8,11 ±0,03*	0,493	2,20 ±0,13*	20,95 ±0,10*
	Трептолем	28,37 ±1,16	8,47 ±0,18	8,11 ±0,02*	0,425	1,95 ±0,12	18,98 ±0,15*

Примітка: \* – різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

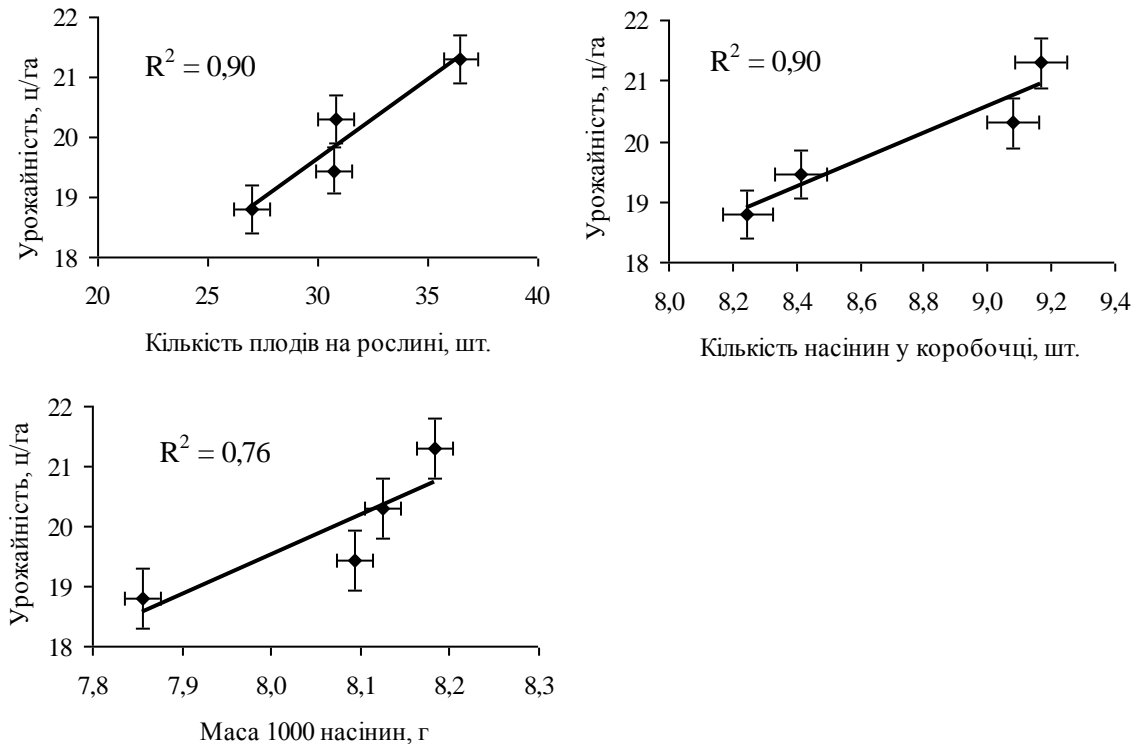


Рис. 5.1. Залежність між структурними елементами та врожайністю льону олійного сорту Орфей (середні дані за 2009-2011 рр.).

Незважаючи на те, що найефективнішим для підвищення врожаю було застосування хлормекватхлориду, цінними в практичному розумінні є отримані результати по оптимізації продукційного процесу за допомогою трептолему і суміші препаратів. Так, з короткої соломи волокна льону олійного можливо отримати котонізоване, бавовноподібне волокно, для виробництва змішаних льнобавовняних тканин, медичної вати [50, 229]. Під впливом трептолему посилюється ріст рослин льону, збільшується довжина стебла (рис. 3.1.). Разом з цим, за дії стимулятора утворюється більш тонке волокно порівняно з рослинами, обробленими ретардантом (табл. 3.1). Таким чином, застосування препарату призводить до подвійного позитивного ефекту – збільшення врожаю при одночасному покращенні якості волокна.

Обробка посівів льону трептолемом призводила до стабільного по роках зростання врожайності на 2,7-4,1% для обох сортів. За рахунок вмісту гормонів цитокінінової і ауксинової природи трептолем включається у

фізіологічні процеси в рослині та впливає на посилення росту. Інтенсивний гідроліз білків у вегетативних органах сприяє відтоку азотовмісних сполук до нових атрагуючих центрів – плодів [66, 126].

Застосування суміші інгібітора та стимулятора росту найбільш ефективним виявилось для льону сорту Дебют. Так, у 2011 році насіннева продуктивність культури зростала на 21,2%. Для сорту Орфей приріст становив 12,0% відносно контролю. Виходячи з сучасних даних про природу та механізми дії цих регуляторів росту, можна констатувати, що застосування хлормекватхлориду і трептолему дозволяє оптимізувати співвідношення ауксини+цитокініни / гібереліни у рослинах льону [69]. Подібні зміни в балансі фізіологічно активних речовин та функціонуванні системи «донори асимілятів – акцептори» призводили до більш активного потоку пластичних речовин до генеративних органів.

Аналіз елементів врожайності свідчить, що відношення маси насіння до маси рослини збільшувалося при використанні регуляторів росту (табл. 5.1, 5.2). Найбільш суттєве зростання показника для рослин сорту Орфей відмічалось при обробці хлормекватхлоридом, сорту Дебют – за дії суміші препаратів. Незважаючи на збільшення маси насіння з рослини при застосуванні трептолему, відношення змінювалося незначно або було нижчим порівняно з контролем. Це зумовлено підвищенням загальної маси рослини за рахунок активного росту стебла за дії стимулятора росту.

Оскільки у дрібноділянкових дослідах найбільш ефективним для покращення продуктивності виявилось застосування хлормекватхлориду, у 2011-2012 рр. нами було проведено впровадження результатів дослідження впливу регулятора росту на посівах льону олійного сорту Орфей в ПП «АгроНіка» (с. Тополівка Теплицького району Вінницької області) (табл. 5.3). Обробка рослин льону розчином хлормекватхлориду на площі 20 га свідчить, що під впливом препарату продуктивність зростала на 2,4 ц/га, з 18,0 ц/га у контролі до 20,4 ц/га в досліді у 2011 році. Приріст врожаю становив 13,3%. В 2012 році застосування хлормекватхлориду підвищувало

врожайність до 20,6 ц/га проти 18,2 ц/га у контролі, тобто на 2,4 ц/га, що становить 13,2%.

Таблиця 5.3

**Вплив регуляторів росту на урожайність рослин льону олійного в умовах виробничого дослід (2011-2013 рр.), ц/га**

Сорт \ Варіант дослід		Контроль	Хлормекват-хлорид
2011 рік	Орфей	18,00±0,12	20,40±0,15*
2012 рік	Орфей	18,20±0,10	20,60±0,09*
	Дебют	17,70±0,15	20,10±0,10*
2013 рік	Дебют	18,00±0,15	20,20±0,20*

Примітка: \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$

Аналогічне впровадження результатів науково-дослідної роботи було проведено у 2012-2013 рр. на виробничих посівах льону олійного сорту Дебют ДП ДГ «Зоря» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України (с. Пирогівці Хмельницького району Хмельницької області) (табл. 5.3). Площа дослідних посівів становила 115 га. У 2012 р. нами встановлено, що за дії ретарданту відбувалося зростання урожайності культури на 13,5%, а саме: з 17,7 ц/га у контролі до 20,1 ц/га в досліді. При цьому урожайність зростала на 2,4 ц/га. В 2013 році застосування хлормекватхлориду підвищувало врожайність до 20,2 ц/га проти 18,0 ц/га у контролі, тобто на 2,2 ц/га, що становить 12,2%.

Таким чином, результати наших досліджень свідчать, що застосування інгібітора росту хлормекватхлориду, стимулятора розвитку трептолему та суміші даних препаратів покращує продуктивність льону олійного. Найбільш ефективним виявилось застосування ретарданту та його суміші зі стимулятором.



## 5.2. Якісні характеристики лляної олії за дії регуляторів росту рослин

Насіння льону містить значну кількість ліпідів, білків, клітковини, вуглеводів, а також найважливіші елементи – калій, кальцій, фосфор, магній, натрій, мідь, залізо, марганець. Серед вітамінів виявлені аскорбінова кислота, тіамін, рибофлавін, піридоксин, ніотинова і пантотенова кислоти, біотин, фолієва кислота, токоферолі [42, 192]. Це дозволяє використовувати лляне насіння та олію в дієтичному харчуванні хворих з порушенням жирового обміну, атеросклерозом, ішемічною хворобою серця, гіпертонічною хворобою, цукровим діабетом, при цирозі печінки, гепатиті, жировій дистрофії печінки [12, 15, 175, 238]. Насіння льону має також кормову цінність: у макусі міститься 6-12% жиру і 38% протеїну, а поживність її 1 кг становить 1,2 к.о. Ляний шрот містить ряд незамінних амінокислот і не потребує екструзії [140].

Ляна олія являє собою суміш тригліцеридів жирних кислот: 9-11% пальмітинової і стеаринової, 13-29% олеїнової, 15-30% лінолевої, 44-61% ліноленої кислот. Це рідина від золотисто-жовтого до коричневого забарвлення, нерозчинна у воді, розчинна в органічних розчинниках (крім нижчих спиртів) [108, 144]. Відповідно до ГОСТ 5791-81 кислотне число становить не більше 2,5 мг КОН/г, йодне число – не менше 175 г  $J_2$ /100г, число омилення – не менше 184 мг КОН/г. Масова частка нежирових домішок не більше 0,05%, вологи та летких речовин – не більше 0,20%.

Ляна олія – надзвичайно біологічно цінний продукт. Вона характеризується високим вмістом моно- та поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої та ліноленої кислот, які є незамінними для людини [205, 209]. Поліненасичені незамінні жирні кислоти є попередниками довголанцюгових жирних кислот і входять до складу клітинних мембран. Особливе значення має  $\alpha$ -ліноленова кислота, вміст якої в окремих сортів льону може сягати 50% [207, 211].

За рахунок високого вмісту ненасичених кислот та їх здатності швидко окислюватися лляна олія належить до швидковисихаючих, що зумовлює її застосування при виробництві високоякісних оліф, алкідних смол, олійних лаків, м'яких сортів мила, компоненту лінійних закріплювачів, типографських фарб тощо [73, 144].

Зважаючи на широке застосування льонопродукції в народному господарстві та можливість впливу на накопичення резервних сполук у насінні за допомогою внесення регуляторів росту рослин [2, 10, 112, 185, 231, 246, 247], одним із завдань нашої роботи було з'ясувати ефективність використання препаратів з різним напрямком дії для покращення якісного складу олії льону.

Результати наших досліджень свідчать, що за дії хлормекватхлориду, трептолему, а також їх суміші вміст олії в насінні льону підвищувався (рис. 5.2.) [160, 165].

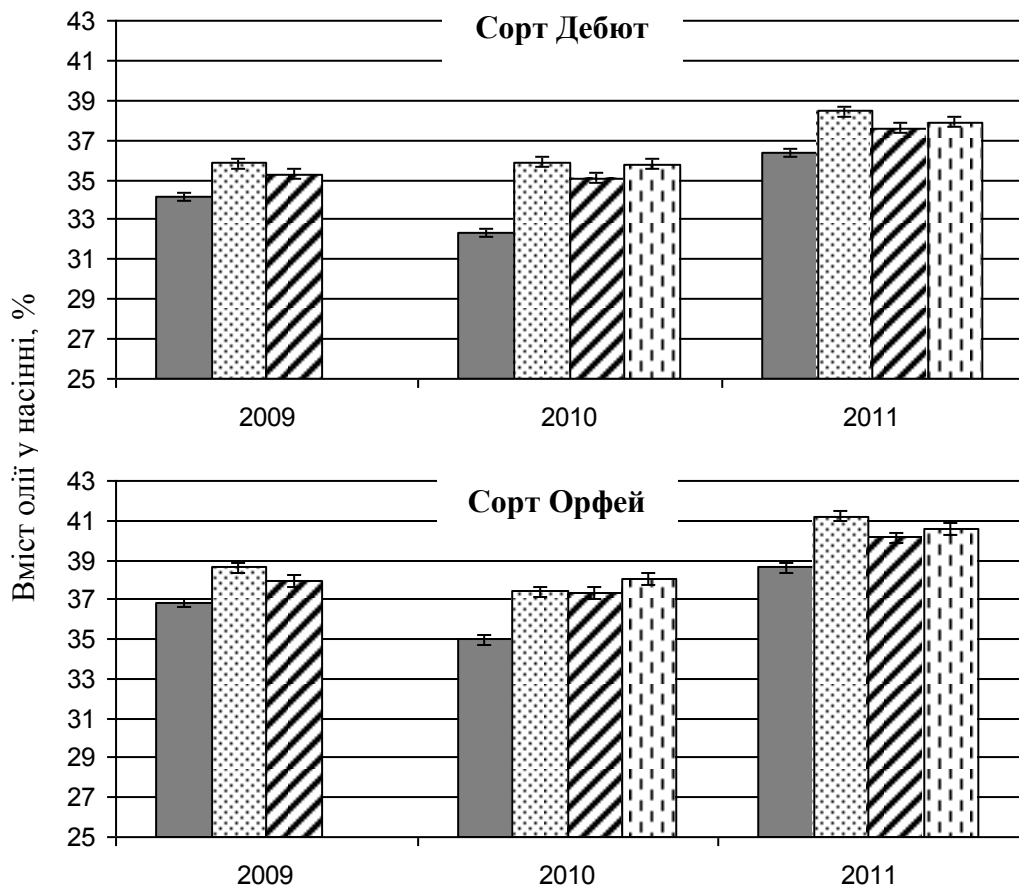


Рис. 5.2. Вплив регуляторів росту на вміст олії в насінні льону.  
 Дати обробки: 2009 рік – 8 червня, 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.  
 ■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, ▤ - суміш препаратів.

Найбільше зростання олійності насіння порівняно з контролем відмічалось у 2010 році для сорту Дебют при використанні ретарданту та його суміші зі стимулятором росту, для сорту Орфей вміст – під впливом суміші регуляторів росту.

Дослідженнями інших авторів встановлено, що погодні умови під час формування і наливу насіння суттєво впливають на утворення і накопичення олії [33, 108]. Так, підвищені температури при дозріванні насіння призводять до зменшення олійності порівняно з більш низькими температурами [125, 126, 182]. За результатами наших досліджень максимальний вміст олії по всіх варіантах досліду відзначався в умовах 2011 року, який характеризувався більш помірними температурами та незначним зниженням кількості опадів. Зокрема, для сорту Орфей при використанні регуляторів росту олійність насіння становила більш, ніж 40%.

Нами встановлено, що обробка рослин льону ретардантом та стимулятором розвитку призводила до зміни якісних показників олії у порівнянні з контролем (табл. 5.4, 5.5). Зокрема, у переважній більшості варіантів під впливом препаратів зростали число омилення, ефірне та йодне числа, вміст гліцерину [67, 147, 152].

Кислотне число – показник вмісту вільних жирних кислот – не перевищував допустимі концентрації (не більше 2,5 мг КОН/г) для лляної олії по всіх варіантах досліду. Вміст вільних кислот найбільш суттєво знижувався при застосуванні трептолему у 2010 році. Загалом найменші значення показника відмічалися у 2009 році як в контролі, так і в досліді.

Нами встановлено збільшення числа омилення (характеризує вміст загальної кількості вільних і зв'язаних жирних кислот) та ефірного числа (характеризує вміст зв'язаних жирних кислот) олії при застосуванні регуляторів росту рослин на обох сортах льону. Обробка рослин хлормекватхлоридом і трептолемом призводила до стабільного по роках зростання даних показників.

**Вплив регуляторів росту на якісні характеристики олії  
льону сорту Дебют**

Рік	Варіант досліджу	Кислотне число, мг КОН на 1 г олії	Число омилення, мг КОН на 1 г олії	Ефірне число, мг КОН на 1 г олії	Йодне число, г I <sub>2</sub> на 100 г олії
2009	Контроль	1,43 ±0,02	158,86 ±1,62	157,43 ±1,59	152,12 ±0,85
	Хлормекват-хлорид	1,26 ±0,01*	171,69 ±2,08*	170,43 ±2,07*	163,64 ±10,89
	Трептолем	1,17 ±0,03*	176,41 ±1,94*	175,24 ±1,91*	154,49 ±3,61
2010	Контроль	1,94 ±0,13	161,99 ±3,03	160,05 ±2,02	149,20 ±4,63
	Хлормекват-хлорид	1,55 ±0,02	180,83 ±3,05*	179,28 ±2,61*	160,52 ±3,94
	Суміш препаратів	1,62 ±0,03	172,28 ±1,83	170,66 ±2,89	159,50 ±11,51
	Трептолем	1,52 ±0,03	179,52 ±1,39*	178,00 ±1,38*	153,68 ±2,66
2011	Контроль	2,23 ±0,28	164,39 ±2,09	162,16 ±3,10	150,91 ±2,00
	Хлормекват-хлорид	2,15 ±0,10	182,40 ±2,95*	180,25 ±2,55*	160,53 ±8,28
	Суміш препаратів	1,92 ±0,25	180,70 ±1,85*	178,78 ±2,80*	163,86 ±1,31*
	Трептолем	2,20 ±0,02	184,10 ±2,27*	181,90 ±3,21*	159,01 ±8,34

Примітка: \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Олія льону характеризується відносно високим значенням йодного числа (показник вмісту ненасичених жирних кислот в олії). Вплив препаратів на даний показник виявився незначним – на 6-12 г йоду на 100 г олії вище контролю за дії ретарданту і його суміші зі стимулятором та 2-9 г йоду – під впливом трептолему.

**Вплив регуляторів росту на якісні характеристики олії  
льону сорту Орфей**

Рік	Варіант досліджу	Кислотне число, мг КОН на 1 г олії	Число омилення, мг КОН на 1 г олії	Ефірне число, мг КОН на 1 г олії	Йодне число, г I <sub>2</sub> на 100 г олії
2009	Контроль	1,16 ±0,01	160,29 ±2,74	159,14 ±2,95	153,97 ±7,68
	Хлормекват-хлорид	1,06 ±0,01*	143,72 ±2,19*	142,11 ±1,74*	159,85 ±1,44
	Трептолем	1,16 ±0,02	191,14 ±2,63*	189,98 ±2,89*	157,68 ±2,84
2010	Контроль	1,90 ±0,06	165,76 ±1,06	163,86 ±3,04	151,13 ±3,95
	Хлормекват-хлорид	1,68 ±0,03*	182,47 ±3,64*	180,79 ±1,82*	163,42 ±9,84
	Суміш препаратів	1,82 ±0,05	174,56 ±1,83	172,74 ±2,93	159,02 ±2,62
	Трептолем	1,61 ±0,05*	184,23 ±2,24*	182,62 ±2,69*	157,31 ±9,01
2011	Контроль	2,06 ±0,03	161,46 ±1,97	159,40 ±2,52	155,85 ±7,20
	Хлормекват-хлорид	1,89 ±0,17	185,52 ±2,52*	183,63 ±2,82*	164,02 ±1,13
	Суміш препаратів	2,03 ±0,02	188,56 ±1,66*	186,53 ±1,70*	162,41 ±6,79
	Трептолем	1,94 ±0,13	181,34 ±1,39*	179,40 ±2,93*	162,20 ±5,25

Примітка: \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Якість олії значною мірою залежить також від співвідношення в ній жирних кислот [15, 108, 128, 204]. Хроматографічний аналіз олії льону виявив сім основних вищих жирних кислот – пальмітинову, пальмітолеїнову,

стеаринову, олеїнову, лінолеву,  $\alpha$ -ліноленову, гондоїнову (табл. 5.6, 5.7). Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту впливає на жирнокислотний склад насіння льону олійного [153, 160, 162]. Так, обробка рослин хлормекватхлоридом і трептолемом зумовлювала зменшення вмісту насичених кислот. Використання суміші препаратів на рослинах сорту Орфей у 2011 році призводило до найбільш суттєвого зниження концентрації пальмітинової і стеаринової кислот. Найнижчі значення вмісту насичених кислот в олії льону сорту Дебют відмічалися за обробки інгібітором росту в цьому ж році.

При внесенні регуляторів росту загальний вміст ненасичених вищих жирних кислот підвищувався, що корелює з показниками йодного числа (рис.5.3.). В більшості варіантів співвідношення ненасичених до насичених жирних кислот зростало порівняно з контролем, що свідчить про покращення якості олії. Найвищі значення даного показника зафіксовані у 2011 році як в контролі, так і в досліді. Максимальне збільшення даного співвідношення встановлено за дії суміші хлормекватхлориду і трептолему, яке становило 12,09 для сорту Дебют і 12,42 для сорту Орфей, а також при використанні ретарданту – 12,28 та 11,61 відповідно.

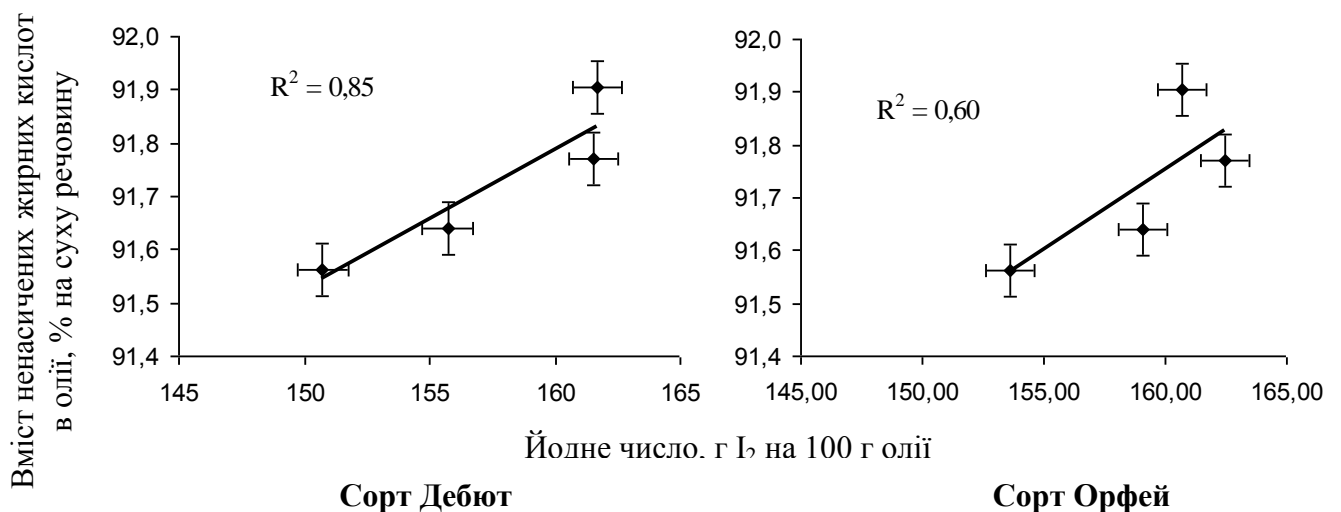


Рис. 5.3. Залежність між вмістом ненасичених жирних кислот та йодним числом олії (середні дані за 2009-2011 рр.).

Таблиця 5.6

**Вплив регуляторів росту на вміст вищих жирних кислот в олії льону сорту Дебют  
(% на суху речовину)**

Варіант досліджу Жирна кислота	2009 рік			2010 рік				2011 рік			
	Конт- роль	0,50%-й ССС	Трепто- лем, 0,033мл/л	Конт- роль	0,50%-й ССС	Суміш препа- ратів	Трепто- лем, 0,033мл/л	Конт- роль	0,50%-й ССС	Суміш препа- ратів	Трепто- лем, 0,033мл/л
Пальмітинова	5,27 ±0,005	5,15 ±0,030	5,21 ±0,020	4,91 ±0,030	5,03 ±0,015	5,15 ±0,020*	4,88 ±0,020	4,85 ±0,180	4,65 ±0,130	4,64 ±0,240	4,79 ±0,050
Пальмітолеїнова	0,04 ±0,005	0,05 ±0,005	0,05 ±0,005	0,09 ±0,005	0,06 ±0,001*	0,07 ±0,002	0,06 ±0,002*	0,06 ±0,010	0,07 ±0,005	0,06 ±0,001	0,06 ±0,002
Стеаринова	3,82 ±0,015	3,66 ±0,020*	3,67 ±0,040	3,43 ±0,002	3,36 ±0,010	3,42 ±0,005	3,40 ±0,020	3,05 ±0,060	2,88 ±0,190	3,00 ±0,040	3,17 ±0,060
Олеїнова	19,49 ±0,055	18,58 ±0,125*	18,05 ±0,180*	21,71 ±0,055	22,95 ±0,125*	21,89 ±0,140	22,45 ±0,040*	15,64 ±0,130	15,64 ±0,490	15,19 ±0,240	16,83 ±0,170*
Лінолева	12,76 ±0,070	12,78 ±0,005	13,08 ±0,160	14,74 ±0,015	13,96 ±0,020*	13,99 ±0,055*	14,05 ±0,080*	14,65 ±0,050	14,29 ±0,380	13,74 ±0,010*	14,55 ±0,260
α-Ліноленова	58,53 ±0,135	59,67 ±0,145*	59,81 ±0,385	54,28 ±0,130	54,56 ±0,135	55,36 ±0,060*	54,87 ±0,120	61,68 ±0,400	62,40 ±0,170	63,33 ±0,510	60,58 ±0,010
Гондоїнова	0,11 ±0,010	0,13 ±0,015	0,14 ±0,010	0,83 ±0,015	0,10 ±0,002*	0,13 ±0,003*	0,30 ±0,005*	0,08 ±0,002	0,08 ±0,005	0,05 ±0,001*	0,04 ±0,005*
Сума насичених кислот	9,09	8,81	8,88	8,34	8,39	8,57	8,28	7,90	7,53	7,64	7,96
Сума ненасичених кислот	90,93	91,20	91,13	91,65	91,63	91,44	91,73	92,11	92,48	92,37	92,06
Співвідношення ненасичені/насичені кислоти	10,00	10,35	10,26	10,99	10,92	10,67	11,08	11,66	12,28	12,09	11,57

Примітка: \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Таблиця 5.7

**Вплив регуляторів росту на вміст вищих жирних кислот в олії льону сорту Орфей  
(% на суху речовину)**

Варіант досліджу	2009 рік			2010 рік				2011 рік			
	Конт- роль	0,50%-й ССС	Трепто- лем, 0,033мл/л	Конт- роль	0,50%-й ССС	Суміш препа- ратів	Трепто- лем, 0,033мл/л	Конт- роль	0,50%-й ССС	Суміш препа- ратів	Трепто- лем, 0,033мл/л
Жирна кислота											
Пальмітинова	4,79 ±0,020	4,78 ±0,145	4,82 ±0,010	4,78 ±0,025	4,74 ±0,090	4,65 ±0,075	4,66 ±0,015	4,98 ±0,220	4,36 ±0,070	4,19 ±0,010	4,49 ±0,020
Пальмітолеїнова	0,05 ±0,002	0,04 ±0,002	0,04 ±0,002	0,05 ±0,003	0,07 ±0,005	0,05 ±0,002	0,06 ±0,005	0,06 ±0,006	0,06 ±0,005	0,06 ±0,005	0,06 ±0,005
Стеаринова	4,13 ±0,085	4,13 ±0,060	4,19 ±0,020	4,10 ±0,015	3,91 ±0,090	3,90 ±0,010*	3,74 ±0,045*	3,82 ±0,070	3,57 ±0,070	3,26 ±0,180	3,72 ±0,020
Олеїнова	18,74 ±0,085	18,66 ±0,004	18,28 ±0,040*	23,21 ±0,015	23,39 ±0,110	24,44 ±0,110*	19,74 ±0,185*	15,51 ±0,320	18,26 ±0,120*	16,86 ±0,410	17,73 ±0,200*
Лінолева	13,32 ±0,080	13,65 ±0,150	13,42 ±0,145	13,51 ±0,020	13,49 ±0,080	13,32 ±0,085	14,23 ±0,140*	15,18 ±0,160	14,59 ±0,030	14,75 ±0,330	14,82 ±0,040
α-Ліноленова	58,82 ±0,270	58,63 ±0,510	59,14 ±0,115	54,14 ±0,060	54,30 ±0,380	53,44 ±0,145*	57,51 ±0,015*	60,39 ±0,300	59,10 ±0,300	60,83 ±0,920	59,13 ±0,150
Гондоїнова	0,16 ±0,010	0,12 ±0,005	0,12 ±0,002	0,18 ±0,005	0,10 ±0,002*	0,22 ±0,005*	0,09 ±0,002*	0,05 ±0,003	0,06 ±0,005	0,06 ±0,002	0,06 ±0,005
Сума насичених кислот	8,92	8,91	9,01	8,88	8,65	8,55	8,40	8,80	7,93	7,45	8,21
Сума ненасичених кислот	91,09	91,10	91,00	91,09	91,35	91,47	91,63	91,19	92,07	92,56	91,79
Співвідношення ненасичені/насичені кислоти	10,21	10,22	10,10	10,26	10,56	10,70	10,91	10,36	11,61	12,42	11,18

Примітка: \* - різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .



З врахуванням вимог екологічної безпеки при застосуванні синтетичних та комплексних регуляторів росту рослин необхідною умовою є дослідження токсикологічного ризику та контроль вмісту залишкових кількостей препаратів у готовій продукції [37].

Вміст залишкових кількостей регуляторів росту визначали методом хроматографії (метод дослідження за НТД – МУ № 1909-78) [87] у Вінницькій обласній державній лабораторії ветеринарної медицини. Відповідно до ДСанПіН. 8.8.1.2.3.4.-000-2001 залишкова кількість хлормекватхлориду в насінні не повинна перевищувати 0,1 мг/кг. В зразку насіння льону сорту Орфей, обробленого даним ретардантом, концентрація препарату становить 0,042 мг/кг.

Виділення залишкових кількостей трептолему з насіння льону проводили відповідно до ГОСТу 13496.20-87. Залишковий вміст регулятора росту в насінні льону сорту Орфей становить 0,0073 мг/кг, що не перевищує норми ДСанПіН. 8.8.1.2.3.4.-000-2001 для насіння льону 0,03 мг/кг.

Отже, застосування хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші зумовлювало підвищення вмісту олії у насінні льону, покращення її якісних характеристик, збільшення вмісту ненасичених жирних кислот. Залишковий вміст вказаних регуляторів росту в насінні не перевищував гранично-допустимих концентрацій, встановлених токсиколого-гігієнічними нормативами.

### **5.3. Економічна та енергетична ефективність технологій вирощування льону олійного**

Підвищення технологічного рівня виробництва сільськогосподарської продукції та використання економічно доцільних методів господарювання є одним з головних завдань аграрного сектору. На сучасному етапі розвитку сільського господарства одним з найважливіших критеріїв оцінки технології

вирощування культур є оцінка економічної та біоенергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва.

У ринкових умовах господарювання кожна запропонована виробництву технологія має забезпечувати економічний ефект за рахунок перерозподілу ресурсів у відповідній галузі, а також повної реалізації генетичного потенціалу сортів [72, 208]. Сучасна технологія вирощування льону олійного передбачає механізацію усіх процесів, використання високоврожайних сортів, створення оптимального водного режиму та мінерального живлення, що забезпечує сприятливі умови для мобілізації потенційних можливостей рослинного організму [172].

Льон олійний є важливою технічною культурою, має досить високий рівень рентабельності виробництва, добрий попередник для озимих та ярих культур [73, 172]. Пріоритетний напрямок підвищення обсягів виробництва насіння льону визначається стабільним зростанням врожайності культури [212]. Однак ефективність і доцільність технологічних заходів чи прийомів у вирощуванні льону залежить не лише від отримання додаткової продукції, а й від окупності затрачених ресурсів [224]. Саме тому економічна оцінка удосконалених технологій, зокрема вирощування льону олійного, має важливе значення.

Проведений аналіз витрат на виробництво насіння льону олійного дозволив визначити економічну доцільність використання регуляторів росту рослин. За основу для проведення розрахунку економічної ефективності запропонованих прийомів вирощування льону олійного взято основні показники одержаного врожаю та його якості з розрахунку на один гектар, вартість урожаю насіння з одного гектара, матеріальні витрати на його вирощування, чистий прибуток та рівень рентабельності. Для розрахунку використовували нормативні затрати праці і засобів на виробництво лляної продукції. Вартість визначали за існуючими закупівельними цінами.

Результати економічного аналізу отриманих даних свідчать про підвищення економічної ефективності вирощування льону олійного при застосуванні регуляторів росту рослин (табл. 5.8). Так, підвищення врожайності насіння льону олійного за обробки посівів розчином хлормекватхлориду супроводжувалося зниженням собівартості 1 т насіння в середньому на 178,3 грн. і зростанням прибутку на 1191 грн./га. При використанні трептолему собівартість 1 т насіння льону зменшувалася в середньому на 54,0 грн., прибуток збільшувався на 311 грн./га. Застосування суміші інгібітора та стимулятора росту зумовлювало зменшення собівартості 1 т насіння в середньому на 136,3 грн., прибуток зростав на 952 грн./га.

При використанні регуляторів росту підвищувався рівень рентабельності виробництва насіння льону олійного (табл. 5.8). Зокрема, для льону сорту Дебют рівень рентабельності був максимальним за дії хлормекватхлориду і збільшувався на 31% порівняно з контролем, при застосуванні суміші препаратів – на 29%. Для сорту Орфей найбільший рівень рентабельності відмічався у варіанті з використанням ретарданту і становив на 30% більше, ніж в контролі, за дії суміші регуляторів росту – на 17%. Вплив трептолему на даний показник виявився меншим: рентабельність зростала на 8-9% для обох сортів.

Результати виробничих досліджень підтверджують високу економічну ефективність обробки посівів льону олійного ретардантом хлормекватхлоридом. Так, під час виробничої перевірки впливу регулятора росту на посівах льону олійного сорту Орфей в ПП «АгроНіка» (с. Тополівка Теплицького району Вінницької області) у 2011-2012 рр. встановлено зниження собівартості 1 т насіння в середньому на 174,3 грн., зростання прибутку на 1116 грн./га та збільшення рівня рентабельності на 28,5% відносно контролю (табл. 5.9).

**Економічна ефективність застосування регуляторів росту на  
льону олійному (середнє за 2009-2011 рр.)**

Внесення регуляторів росту	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Витрати, грн./га	Собівартість насіння, грн./т	Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
<b>Сорт Дебют</b>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,82	9100,0	3327,7	1828,4	5772,3	173,5
Хлормекватхлорид	2,08	10400,0	3411,7	1640,2	6988,3	204,8
Трептолем	1,89	9450,0	3341,5	1768,0	6108,5	182,8
Суміш хлормекватхлориду і трептолему	2,07	10350,0	3425,5	1654,8	6924,5	202,1
<b>Сорт Орфей</b>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,88	9400,0	3327,7	1770,0	6072,3	182,5
Хлормекватхлорид	2,13	10650,0	3411,7	1601,7	7238,3	212,2
Трептолем	1,94	9700,0	3341,5	1722,4	6358,5	190,3
Суміш хлормекватхлориду і трептолему	2,05	10250,0	3425,5	1671,0	6824,5	199,2

Аналіз показників економічної ефективності вирощування льону олійного сорту Дебют на виробничих посівах ДП ДГ «Зоря» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України (с. Пирогівці Хмельницького району Хмельницької області) у 2012-2013 рр. свідчить, що собівартість насіння зменшувалася на 171,2 грн./т, прибуток збільшувався на 1066 грн./га, а рівень рентабельності зростав на 27,1% (табл. 5.10).

**Економічна ефективність застосування хлормекватхлориду на  
льоні олійному сорту Орфей (виробнича перевірка)**

Внесення регуляторів росту	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Витрати, грн./га	Собівартість насіння, грн./т	Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
<i>2011 рік</i>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,80	9000,0	3327,7	1848,7	5672,3	170,5
Хлормекватхлорид	2,04	10200,0	3411,7	1672,4	6788,3	199,0
<i>2012 рік</i>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,82	9100,0	3327,7	1828,4	5772,3	173,5
Хлормекватхлорид	2,06	10300,0	3411,7	1656,2	6888,3	201,9

Отже, однократне застосування хлормекватхлориду, трептолему, а також їх суміші на посівах льону олійного дозволяє підвищити чистий прибуток та рівень рентабельності виробництва насіння льону.

Дослідження і розрахунок економічної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур ускладнюється нестабільністю цін на засоби виробництва та готову продукцію рослинництва [85]. Енергетична оцінка дозволяє знівелювати коливання цінової політики та отримати більш об'єктивну характеристику технологічних процесів.

Розробка і застосування енергозберігаючих технологій вирощування культур є одним з ключових завдань сучасного аграрного виробництва. Всі види праці, виробничі затрати та матеріально-технічні засоби можна виразити в енергетичних одиницях (еквівалентах), що дає змогу привести усі фактори до єдиного показника [85].

**Економічна ефективність застосування хлормекватхлориду на  
льоні олійному сорту Дебют (виробнича перевірка)**

Внесення регуляторів росту	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн./га	Витрати, грн./га	Собівартість насіння, грн./т	Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
<i>2012 рік</i>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,77	8850,0	3327,7	1880,0	5522,3	166,0
Хлормекватхлорид	2,01	10050,0	3411,7	1697,4	6638,3	194,6
<i>2013 рік</i>						
Контроль (без внесення регуляторів росту)	1,80	9000,0	3327,7	1848,6	5672,3	170,5
Хлормекватхлорид	2,02	10100,0	3411,7	1688,9	6688,3	196,0

Під енергетичним еквівалентом розуміють витрати непоновлюваної енергії на одержання одиниці маси основних засобів виробництва і затрат праці. Основною перевагою такого аналізу є можливість дати точну оцінку ефективності застосування окремого агроприйому, виявити причини неефективного виробництва, визначити шляхи зменшення витрат енергетичних ресурсів, програмувати енергоємність технологій вирощування [11, 224].

Для встановлення енергетичної ефективності вирощування сортів льону олійного визначали коефіцієнт енергетичної ефективності як відношення кількості обмінної енергії, яка міститься у вирощеній продукції, до кількості енергії, яка витрачена на формування врожаю [141]. Для розрахунку використовували енергетичні еквіваленти з довідкової літератури [85].

Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту при вирощуванні льону олійного зумовлює приріст енергії з отриманою прибавкою урожаю (табл. 5.11). Найвищий вміст енергії, що акумулюється в льонопродукції, відмічався при використанні хлормекватхлориду та суміші ретарданту з трептолемом. Так, за обробки рослин льону ретардантом приріст отриманої енергії становив в середньому 8116 МДж/га, сумішшю регуляторів росту – 7761 МДж/га. Трептолем призводив до збільшення кількості акумульованої енергії середньому на 3784 МДж/га.

Таблиця 5.11

**Енергетична ефективність вирощування льону олійного залежно від застосування регуляторів росту з розрахунку на 1 га (середнє за 2009-2011 рр.)**

Внесення регуляторів росту	Отримано енергії, МДж	Витрачено енергії, МДж	К <sub>еє</sub>
Сорт Дебют			
Контроль (без внесення регуляторів росту)	62492,0	25557,2	2,45
Хлормекватхлорид	71268,0	26173,7	2,72
Трептолем	66404,0	25757,2	2,58
Суміш хлормекватхлориду і трептолему	71012,0	26175,8	2,71
Сорт Орфей			
Контроль (без внесення регуляторів росту)	64028,0	25557,2	2,51
Хлормекватхлорид	71488,0	26173,7	2,73
Трептолем	67684,0	25757,2	2,63
Суміш хлормекватхлориду і трептолему	71030,0	26175,8	2,71

Досліджувані фактори – використання регуляторів росту рослин, мають досить високий енергетичний еквівалент. Так, 1 кг регуляторів росту містить 209,3 МДж енергії [85]. Тому при внесенні препаратів енерговитрати зростають (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

**Структура витрат на вирощування льону олійного залежно від застосування регуляторів росту з розрахунку на 1 га (середнє за 2009-2011 рр.)**

Варіант  Показник	Контроль (без внесення регуляторів росту)		Хлормекват-хлорид		Трептолем		Суміш хлормекват-хлориду і трептолему	
	Енергоємність, МДж	Енергоємність, %	Енергоємність, МДж	Енергоємність, %	Енергоємність, МДж	Енергоємність, %	Енергоємність, МДж	Енергоємність, %
Механізми	1124,6	4,4	1169,9	4,5	1169,9	4,5	1169,9	4,5
Паливно-мастильні матеріали	4273,7	16,7	4426,3	16,9	4426,3	17,2	4426,3	16,9
Електроенергія	204,0	0,8	204,0	0,8	204,0	0,8	204,0	0,8
Добрива	15450,0	60,5	15450,0	59,0	15450,0	60,0	15450,0	59,0
Гербициди	727,4	2,8	727,4	2,8	727,4	2,8	727,4	2,8
Регулятори росту рослин	-	-	418,6	1,6	2,1	0,01	420,7	1,6
Насіння	1280,0	5,0	1280,0	4,9	1280,0	5,0	1280,0	4,9
Інші витрати	2497,5	9,8	2497,5	9,5	2497,5	9,7	2497,5	9,5
Разом	25557,2	100,0	26173,7	100,0	25757,2	100,0	26175,8	100,0

Проведений нами аналіз енергозатрат технології вирощування льону олійного дає можливість виявити найбільш енергоємні складові. Так, з



наведених даних структури сукупних витрат енергії при виробництві льону видно, що більш енергоємними статтями є добрива і паливо.

Енергетичний аналіз технологій виробництва сільськогосподарських культур передбачає встановлення енергетичної ціни врожаю – коефіцієнту енергетичної ефективності [85, 141]. Нами встановлено, що покращення продуктивності за дії регуляторів росту рослин супроводжується змінами у кількості отриманої з врожаєм енергії та структурі енерговитрат і підвищенні коефіцієнта енергоефективності (табл. 5.11). Найвищі значення показник мав при обробці посівів льону обох сортів розчином хлормекватхлориду, а також у суміші з трептоломом і становив 2,71-2,73.

Таким чином, застосування регуляторів росту при вирощуванні льону олійного є економічно доцільним та підвищує біоенергетичну ефективність виробництва льонопродукції. Найбільш ефективним є використання хлормекватхлориду та його суміші з трептоломом.

## ВИСНОВКИ

Представлено теоретичне обґрунтування та нове вирішення наукового питання, яке полягає у вивченні дії регуляторів росту з різним напрямком впливу – хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах льону олійного, що лежать в основі формування врожаю і його якості.

Застосування хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші на культурі льону олійного призводило до модифікації донорно-акцепторних відносин у рослині, що реалізувалося через анатоמו-морфологічні зміни вегетативних органів, перерозподіл асимілятів та мінеральних речовин у бік формування коробочок.

Обробка рослин льону олійного хлормекватхлоридом, трептолемом і сумішшю препаратів призводила до змін у ростових процесах: ретардант гальмував лінійний ріст рослин, стимулятор та суміш регуляторів росту посилювали наростання стебла. Під впливом регуляторів росту діаметр стебла збільшувався (на 10-30%), що зумовлено змінами в анатомічній організації: потовщувалася кора (на 23-30%), зростала кількість судин ксилеми в ряду (на 34-70%), збільшувався діаметр луб'яних волокон (на 24-35%), що покращувало стійкість рослин льону до вилягання та забезпечувало технологічні переваги при зборі врожаю.

За дії хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші збільшувалася кількість листків на рослині льону олійного. Під впливом стимулятора та його суміші з ретардантом зростала сумарна площа листків на рослині (на 28-65%), що сприяло формуванню потужної асиміляційної поверхні. Застосування рістрегулюючих препаратів призводило до кращого розвитку стовпчастої паренхіми листка, збільшення розмірів та кількості хлоропластів (на 13-15%), внаслідок чого зростала продуктивність фотосинтезу (на 40-

80%), більш інтенсивно відбувалося накопичення маси сухої речовини дослідних рослин (на 15-40%).

Під впливом регуляторів росту відбуваються зміни в накопиченні і перерозподілі вуглеводів між органами рослин льону. Накопичення надлишку вуглеводів в листках дослідних варіантів створює потужний резервний фонд асимілятів, який використовується на формування більш розвиненого стебла і ріст плодів. Зменшення вмісту суми вільних цукрів та крохмалю у коробочках пов'язано з використанням вуглеводів на біосинтез олії в насінні та накопиченням білкових сполук в плодах.

Використання регуляторів росту на рослинах льону олійного призводило до змін у засвоєнні та перерозподілі основних елементів живлення. Протягом вегетації вміст азоту, фосфору та калію у вегетативних органах поступово зменшується, в плодах відбуваються протилежні зміни. Найбільше зменшення вмісту азоту в листках і стеблах льону олійного відмічалось за дії суміші хлормекватхлориду і трептолему (на 0,6-1,7%).

Вплив препаратів на продуктивність льону виявився у змінах структури врожаю. У дослідних варіантах збільшувалось число коробочок на рослині. Максимальна кількість насінин у плодах відмічалась за дії хлормекватхлориду та його суміші з трептолемом на обох сортах. При застосуванні регуляторів росту зростала маса насіння на 2,5-4%. Найбільший приріст врожаю забезпечило внесення ретарданту та його суміші із стимулятором росту (на 0,15-0,26 т/га).

Застосування хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші зумовлювало підвищення вмісту олії у насінні льону (на 1,7-2,6%), покращення її якісних характеристик. Під впливом препаратів зростали число омилення, ефірне та йодне числа і зменшувалося кислотне число, підвищувався вміст ненасичених жирних кислот.

Залишковий вміст регуляторів росту в насінні не перевищував гранично-допустимих концентрацій, встановлених токсиколого-гігієнічними нормативами. Концентрація хлормекватхлориду в насінні льону олійного

становила 0,042 мг/кг при допустимій нормі 0,1 мг/кг, вміст трептолему – 0,0073 мг/кг при допустимій нормі 0,03 мг/кг.

Використання хлормекватхлориду і трептолему на посівах льону олійного підвищувало економічну ефективність вирощування культури. При цьому прибуток і рентабельність збільшувалися (на 8-25%), а собівартість виробництва зменшувалася (на 3-10%).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акунов А.А. Влияние ретарданта пикса и дефолианта дроппа на биосинтез белков в листьях и волокне хлопчатника / А.А. Акунов, А.А. Умаров, Ф.А. Ибрагимов и др. // *Агрохимия*. – 2005. – № 9. – С. 43-50.
2. Анішин Л.А. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню / Л.А. Анішин, С.П. Пономаренко, З.М. Грицаєнко – К., 2011. – 40 с.
3. Баранникова З.Д. Транспорт ассимилятов и продуктивность яровой пшеницы при разной влажности почвы и обработке регуляторами роста / З.Д. Баранникова, Г.А. Воробейков, И.И. Матвиенко // *Сб. науч. тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. ВИР*. – 1988. – №121. – С.126.
4. Барцева А.А. Реакция льна-долгунца на обработку ретардантами этрел и дигидрел / А.А. Барцева, Я.Г. Худик // *Селекция, семеноводство, агротехника возделывания льна-долгунца: Сб. науч. трудов*. – 1982. – Вып. XIX. – С. 94-99.
5. Баскаков Ю.А. Регуляторы роста растений / Ю.А. Баскаков, А.А. Шаповалов. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
6. Бахтенко Е.Ю. Влияние затопления и обработки абсцизовой кислотой и цитокинином на динамику фитогормонов и продуктивность пшеницы / Е.Ю. Бахтенко, А.В. Платонов // *Агрохимия*. – 1999. – №3. – С. 48-51.
7. Белик В.Ф. Обработка семенников моркови ростовыми веществами / В.Ф. Белик, Т.Н. Юрицына // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1987. – Т. XXV, № 10 (288). – С. 42-43.
8. Белоногов Д.Е. Влияние гиббереллина и 6-бензиламинопурина на урожай семян и сухой массы клевера лугового / Д.Е. Белоногов, Т.А. Калининская, Т.В. Лихолат // *Физиология растений*. – 1983. – Т. 30, №. 4. – С. 724-730.
9. Белопухов С.Л. Исследование химического состава льна-долгунца на разных этапах развития под воздействием стимуляторов роста /

С.Л. Белопухов, И.В. Дайдакова, Е.А. Малиновская // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 7. – С. 69-72.

10. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І Б.]. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. – 352 с.

11. Брошак І.С. Продуктивність сортів картоплі залежно від норм і способів застосування регуляторів росту в умовах Західного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво» / І.С. Брошак; Ін-т кормів УААН. – Вінниця, 2005. – 20 с.

12. Вакула С.И. Эколого-генетические аспекты продуктивности и качества сортов льна масличного (*Linum Usitatissimum* L.) / С.И. Вакула, Л.В. Корень, О.С. Игнатовец // Экологическая генетика. – ТОМ VII, № 4. – 2009. – С. 14-22.

13. Варна Р.Я. Влияние этрела и гиббереллина на рост и характер цветения растений огурца / В.Р. Эглите, Х.А. Мауринья, И.В. Вербовская // Регуляция роста и питание растений. – Вильнюс: „Мокслас”, 1980. – С. 139-147.

14. Волкогон В.В. Стимулятори росту рослин як складові технологій раціонального використання мінеральних добрив / В.В. Волкогон // Вісник Харків. ДАУ. – 2001. – № 4. – С. 40-44.

15. Гаврилюк М.М. Олійні культури в Україні / М.М. Гаврилюк, В.Н. Салатенко, А.В. Чехов. – К.: Основа, 2007. – 416 с.

16. Галамба В.В. Вплив препарату ТУР на вміст НКР в рослинах картоплі, врожайність та якість бульб / В.В. Галамба // Картоплярство. – 1985. – №16. – С. 48-49.

17. Ганчук М.М. Вплив біокліматичних і ґрунтово-геоморфологічних умов на агроландшафти Вінниччини / М.М. Ганчук // Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць. – 2011. – Вип. 21.12. – С. 32-37.

18. Географічна енциклопедія України // Українська Радянська Енциклопедія ім. М.П. Бажана. – К., 1989. – Т. 1. – 415 с.

19. Гималов Ф.Р. Влияние 2,4-эпибрассинолида на рост проростков капусты при холодовом стрессе / Ф.Р. Гималов, Р.Т. Матниязов, А.В. Чемерис, В.А. Вахитов // *Агрохимия*. – 2006. – № 8. – С. 34-37.
20. Голунова Л.А. Якісний склад насіння сої за дії ретардантів / Л.А. Голунова, В.Г. Кур'ята // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія*. – 2009. – № 4 (41). – С. 96-100.
21. Григорюк І.П. Регуляція вмісту абсцизової кислоти в листках картоплі та помідорів полістимуліном К, полістимуліном А-6 і емістимом С в посушливих умовах / І.П. Григорюк, Т.П. Нижник, Б.О. Курчій // *Физиология и биохимия культ. растений*. – 2001. – Т. 33, № 3. – С. 241-243.
22. Гудвин Т. Введение в биохимию растений: в 2 т. / Т. Гудвин, Э. Мерсер; под ред. В. Л. Кретовича. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 392 с. – Т. 2. – 312 с.
23. Грунти Вінницької області / відповідал. ред. С. О. Скорина. – Одеса: Маяк, 1969. – 64 с.
24. Давидянц Э.С. Применение регуляторов роста тритерпеновой природы при выращивании озимой пшеницы / Э.С. Давидянц // *Агрохимия*. – 2006. – № 8. – С. 30-33.
25. Деева В.П. Избирательное действие химических регуляторов роста на растения: Физиологические основы / В.П. Деева, З.И. Шелег, Н.В. Санько. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 255 с.
26. Денисик Г.І. Природнича географія Поділля / Г.І. Денисик. – Вінниця: ЕкоБізнесЦентр, 1998. – 183 с.
27. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин. – Київ: ТОВ Алефа, 2012.
28. Дерфлинг К. Гормоны растений / К. Дерфлинг. – М.: МИР, 1985. – 303 с.

29. Дідора В.Г. Вплив стимулятора росту альбіт на продуктивність льону-довгунця / В.Г. Дідора, С.М. В'юнцов // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 1. – С. 25-27.
30. Дмитревская И.И. Влияние физиологически активных веществ на рост и развитие льна-долгунца / И.И. Дмитревская, Е.В. Калабашкина, С.Л. Белопухов // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научн.-практ. конф. (15-18 февраля 2011 года). В 3 т. Т. 1. – Ижевск, 2011. – С. 34-36.
31. Долгих А.Н. Влияние ретардантов на урожайность соломки и семян льна-долгунца / А.Н. Долгих, В.С. Петренко, В.И. Шутенко // Физиол. активные вещества. – 1991. – №23. – С. 94-96.
32. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами стат. обраб. результатов исслед.) / Б.А. Доспехов. – [5-е изд., доп. и перераб.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
33. Дрозд І.Ф. Особливості впливу метеорологічних умов на формування господарсько цінних ознак у льону олійного / І.Ф. Дрозд // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – № 2. – С. 178-181.
34. Дрозд О.М. Продуктивність нових сортів льону-довгунця і льону олійного залежно від способів сівби та системи удобрення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво» / О.М. Дрозд; Ін-т землеробства УААН. – К., 2005. –18 с.
35. Думанчук Н.Я. Ріст і врожайність моркви і пастернака за дії регуляторів росту івіну та емістиму С: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 „Фізіологія рослин” / Н. Я. Думанчук. – Львів, 2004.– 20 с.
36. Дурынина Е.П. Влияние биопрепарата альбит на продуктивность ячменя и содержание биофильных элементов в урожае / Е.П. Дурынина, О.А. Пахненко, А.К. Злотников, К.М. Злотников // Агрехимия. – 2006. – № 1. – С. 49-54.



37. Ежов М.Н. Повышение продуктивности и улучшение качества зерна гречихи под действием эμισима и эпибрассинолида / М.Н. Ежов, А.И. Сальников, Л.Д. Прусакова // *Агрехимия*. – 1999. – № 5. – С. 88-90.
38. Екологічні аспекти застосування ретардантів та етиленпродуцентів у рослинництві / О.А. Шевчук, О.О. Ткачук, Л.А. Голунова, І.В. Кур'ята, Л.М. Рогальська, В.В. Рогач // *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені М.Коцюбинського Серія: Географія*. – Вінниця, 2006.– С. 118 – 123.
39. Елагина Е.М. Гормональная регуляция – основа изменения возрастного статуса листа / Е.М. Елагина // *Агрехимия*. – 2000. – № 9. – С. 57-61.
40. Елементи регуляції в рослинництві: зб. наук. пр. / під ред. В.П. Кухаря. – К.: Компас, 1998. – 358 с.
41. Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT): ДСТУ ISO 5508-2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – IV, 9 с. – (Національний стандарт України).
42. Жолобак Г.М. Влияние природных регуляторов роста на азотное питание растений / Г.М. Жолобак, И.Н. Гудков // *Физиологические основы повышения эффективности минерального питания растений*. – К.: Наукова думка, 1987. – С. 31-48.
43. Зубцов В.А. Льняное семя, его состав и свойства / В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова, Т. И. Лебедева // *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева)*. – 2002. – Т. XLVI, №2. – С. 14-16.
44. Ивебор Л.У. Влияние новых росторегуляторов растений на продукционный процесс агроценоза сои: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.09 „Растениеводство” / Лоуренс Уче Ивебор. – Краснодар, 2007. – 22 с.
45. Кабузенко С.Н. Влияние синтетических регуляторов роста ивина и БАП на показатели водообмена проростков кукурузы и ячменя на фоне

хлоридного засолення / С.Н. Кабузенко, М.Н. Жижина, С.П. Пономаренко, И.В. Ривная // Физиология и биохимия культ. растений. – 2009. – Т. 41, № 2. – С. 146-152.

46. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.

47. Казакова В.Н. Регламенты применения и эффективность новых регуляторов роста и развития растений / В.Н. Казакова, Э.Г. Полиевктова // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – Т. XXV, № 8 (286). – С. 37-40.

48. Калашников Д.В. Теоретическое обоснование применения смеси ретардантов на яблоне / Д.В. Калашников, И.К. Блиновский, А.В. Кокурин // Физиолого-биохимические основы применения регуляторов роста в Сибири. – Иркутск: Изд-во АН СССР, 1986. – С. 108-112.

49. Калинин Ф.Л. Биологически активные вещества в растениеводстве / Ф.Л. Калинин. – К.: Наукова думка, 1984. – 320 с.

50. Капля А.В. Физиология действия ретардантов на плодовые культуры / А.В. Капля, Т.А. Мороз, А.И. Тернавский. – К.: Вища школа, 1978. – 150 с.

51. Карпець І.П. Якість продукції льону-довгунця і олійного за різних способів сівби й удобрення / І.П. Карпець, О.М. Дрозд // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 6. – С. 21-24.

52. Кефели В.И. Химические регуляторы растений / В.И. Кефели, Л.Д. Прусакова. – М.: Знание, 1985. – 64 с.

53. Ковальчук Н.С. Влияние биорегуляторов на морфо-физиологические показатели и структуру урожая растений гречихи разных сортов / Н.С. Ковальчук, Т.И. Куликова, Л.Д. Прусакова, А.Н. Фесенко // Агрохимия. – 2006. – № 9. – С. 46-51.

54. Козленко А.А. Влияние обработки растений льна-долгунца регуляторами роста на урожайность и качество семян / А.А. Козленко // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 9-10 (75-76). – С. 23-26.

55. Колісник А.В. Вплив N-оксидів піридину (івіну і триману) та кінетину на азотний метаболізм пшениці / А.В. Колісник, М.В. Драга, С.А. Шумік,

М.М. Мусієнко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2000. – Т. 32, № 5. – С. 394-400.

56. Кораблева Н.П. Действие эпибрасинолида на покой и прорастание клубней картофеля / Н.П. Кораблева, Т.А. Платонова, М.З. Догондзе, Н.Д. Бибики // Агрехимия. – 1999. – №7. – С. 60-64.

57. Корнейкова Ю.С. Изучение эффективности брасиностероидов на льне масличном / Ю.С. Корнейкова, С.П. Кукреш // XIV Международная научно-практическая конференция «Современные технологии с.-х. производства». Материалы конференции. Ч.1 – Гродно, 2011. – С. 90-92.

58. Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія / [Кулик М.Ф., Кравців Р.Й., Обертюх Ю.В. та ін.]. – Вінниця: ПП «Тезис», 2003. – 334 с.

59. Коф Э.М. Антистрессовое действие янтарной кислоты на проростки гороха / Э.М. Коф, Т.А. Борисова, Р.В. Макарова, Н.Н. Симонова // Агрехимия. – 1999. – № 1. – С. 55-59.

60. Коць С.Я. Влияние природных и синтетических регуляторов роста на азотфиксирующую активность и интенсивность фотосинтеза люцерны при разном водообеспечении / С.Я. Коць, И.А. Григорюк, Л.М. Михалків и др. // Агрехимия. – 2006. – № 5. – С. 41-48.

61. Кудоярова Г.Р. Гормоны и минеральное питание / Г.Р. Кудоярова, И.Ю. Установ // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т. 23, №3. – С.232-244.

62. Кукреш С.П. Комплексное применение средств химизации при возделывании льна-долгунца / С.П. Кукреш, А.В. Шершнева // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 17-18.

63. Кур'ята В.Г. Физиолого-біохімічні механізми дії ретардантів та етиленпродуцентів на рослини ягідних культур: дис. ... д. б. н.: 03.00.12. / Володимир Григорович Кур'ята. – К., 1999. – 318 с.

64. Кур'ята В.Г. Стан і перспективи підвищення ефективності та екологічної безпеки застосування ретардантів і етиленпродуцентів в

рослинництві / В. Г. Кур'ята, О. А. Шевчук, О. О. Ткачук, С. В. Мазніченко // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія. – Вінниця. - 2002. – Вип.4. – С. 85-90.

65. Кур'ята В.Г. Структурно-функціональна організація листка цукрового буряка за дії ретардантів / В.Г. Кур'ята, О.А. Шевчук, Д.А. Кірізій, Б.І. Гуляєв // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 1. – С. 11-16.

66. Кур'ята В.Г. Вплив ретардантів на ростові процеси, морфогенез і продуктивність рослин картоплі / В.Г. Кур'ята, О.О. Ткачук, Г.Л. Ременюк, Б.І. Гуляєв // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 4. – С. 305-310.

67. Кур'ята В.Г. Вміст вуглеводів та азотовмісних сполук в органах рослин льону олійного за дії трептолему / В.Г. Кур'ята, О.О. Ходаніцька // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Частина 1. Агрономія. – Умань, 2011. – Вип. 77. – С.84-92.

68. Кур'ята В.Г. Вплив хлормекватхлориду на урожайність та якісні характеристики олії льону / В.Г. Кур'ята, О.О. Ходаніцька // Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві / Збірник наукових праць. – Умань: Уманське комунальне видавничо-поліграфічне підприємство, 2011. – 468 с. – С. 203-208.

69. Кур'ята В.Г. Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему / В.Г. Кур'ята, О.О. Ходаніцька // Физиология и биохимия культ. растений. – 2012. – Т. 44, № 6. – С. 522-528.

70. Курьята В.Г. Влияние хлормекватхлорида на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность льна масличного в условиях правобережной Лесостепи Украины / В.Г. Курьята, Е.А. Ходаницкая // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 4 (8). – С. 88-93.

71. Кур'ята В. Г. Фізіологічні основи застосування ретардантів на олійних культурах / В.Г. Кур'ята, І.В. Попроцька // Физиология растений и генетика. – 2016. – Т. 48, № 6. – С. 475–487.
72. Кур'ята І. В. Функціонування донорно-акцепторної системи рослин у процесі проростання за дії гібереліну і ретардантів/ І.В. Кур'ята// Физиология и биохимия культ. растений. – 2012. – 44. – №6. – С. 484– 494.
73. Листопад В. Анализ и перспективы рынка льна и продуктов переработки / В. Листопад // Олійно-жировий комплекс. – 2006. – № 2 (13). – С. 22-27.
74. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – К.: Центр навч. літератури, 2004. – 808 с.
75. Локоть О.Ю. Комплексна оцінка ефективності застосування вітчизняних регуляторів росту в льонарстві України / О.Ю. Локоть, Ю.В. Ліпський // Економіка АПК. – 2005. – № 5. – С. 35-39.
76. Локоть О.Ю. Позакоренеve застосування біостимуляторів при вирощуванні льону-довгунця / О.Ю. Локоть, І.В. Гриник // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 3. – С. 25-28.
77. Лукаткин А.С. Влияние препарата цитодеф на рост и холодоустойчивость теплолюбивых растений / А.С. Лукаткин, О.В. Овчинникова // Агрехимия. – 2009. – № 12. – С. 32-38.
78. Лядовский С.Я. Применение регуляторов роста на растениях томата с целью повышения холодостойкости и ускорения созревания плодов / С.Я. Лядовский, В.П. Щербаченко // Физиолого-биохимические основы применения регуляторов роста в Сибири. – Иркутск: Изд-во АН СССР, 1986.– С. 50-55.
79. Марченко А.О. Влияние 2,4-Д и БАП на эмбриогенную способность у соматклонов винограда / А.О. Марченко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2009. – Т. 41, № 2. – С. 168-174.

80. Масляний О. Вирощування олійного льону на Півдні України / О. Масляний // Агроном. – 2005. – № 2. – С. 78-79.
81. Матевосян Г.Л. Применение регуляторов роста, индукторов устойчивости и органического удобрения Агровит-кора при выращивании картофеля / Г.Л. Матевосян, А.Д. Шишов // Агрохимия. – 2006. – № 5. – С. 56-64.
82. Матевосян Г.Л. Эффективность новых регуляторов роста и индукторов устойчивости при выращивании белокочанной капусты / Г.Л. Матевосян, А.Д. Шишов // Агрохимия. – 2006. – № 8. – С. 38-46.
83. Матевосян Г.Л. Совместное действие регуляторов роста, индукторов устойчивости и биопестицидов при выращивании тепличной культуры огурца / Г.Л. Матевосян, А.Н. Кононенко // Агрохимия. – 2006. – № 11. – С. 25-34.
84. Махно Т.О. Ефективність виробництва льону олійного на основі впровадження нових сортів / Т.О. Махно // Агроінком. – 2007. – № 3-4. – С. 40-43.
85. Мельников Н.Н. Пестициды и регуляторы роста растений: справочник / Н.Н. Мельников, К.В. Новожилов, С.Р. Белан. – М.: Химия, 1995. – 574 с.
86. Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 208 с.
87. Меронченко В.О. Вплив ретардантів на вміст етилену в пагонах яблуні / В.О. Меронченко, Н.П. Веденічева, Л.І. Мусатенко // Український ботанічний журнал. – 1999. – Т. 56, №1. – С. 30-33.
88. Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде / Гос. комис. по хим. средствам борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками при МСХ СССР. – М.: Б. и., Б. г. Ч. 10. – 1980. – С. 141-153.

89. Методы биохимического исследования растений / [А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – [3-е изд., перераб., доп.]. – Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
90. Милювене Л. Эффект соединения 17-DMC на уровень фитогормонов и рост рапса *Brassica napus* / Л. Милювене, Л. Новицкене, В. Гавелене // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 733-737
91. Михайлова С.А. Влияние предпосевной обработки семян ячменя янтарной кислотой на рост растений и их продуктивность / С.А. Михайлова, А.С. Климович, Л.Ф. Кабашникова и др. // Изв. АН Беларуси. Сер. Биологические науки. – 1997. – № 2. – С. 53-56.
92. Михалків Л.М. Азотофіксувальна активність і продуктивність люцерни за різного водозабезпечення та дії регуляторів росту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Л. М. Михалків. – К., 2002. – 20 с.
93. Мокроносов А.Т. Фотосинтез. Физиолого-биохимические и экологические аспекты / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1992. – 320 с.
94. Моргун В.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні / В.В. Моргун, В.К. Яворська, І.В. Драговоз // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 5. – С. 371-375.
95. Муромцев Г.С. Регуляторы роста растений / Г.С. Муромцев. – М.: Колос, 1979. – 246 с.
96. Муромцев Г.С. Физиологические механизмы действия ретардантов / Г.С. Муромцев, А.В. Кокурин, З.Н. Павлова // Изв. АН СССР. Сер. биол. – 1984. – №5. – С. 669-674.
97. Мусатенко Л.І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин / Л.І. Мусатенко // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Ф 50 у 2т / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Українське товариство фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. – К.: Логос, 2009. – С. 508-536.

98. Муш Н.Н. Регуляторы роста растений и качество зерна / Н.Н. Муш, Т.Г. Барановська // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. – № 3. – С. 23.
99. Нижко В.Ф. Физиологически активные соединения и транспорт веществ в растениях // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т. 15, №3. – С. 211-222.
100. Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / Ничипорович А.А. // В кн.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 5-36.
101. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / [Г.С. Муромцев, Д.И. Чкаников, О.Н. Кулаева, К.З. Гамбург]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 382 с.
102. Орчард П.У. Хлормекват – вещество, позволяющее растениям подсолнечника преодолеть засуху / П.У. Орчард, Дж.В. Ловетт // Материалы VII Международной конференции по подсолнечнику. – М.: Колос, 1978. – С. 399-403.
103. Павлова В.В. Действие триазоловых соединений на содержание абсцизовой кислоты у растений ячменя / В.В. Павлова, С.И. Чиждова, Л.Д. Прусакова // III Межд. конф. «Регуляторы роста и развития растений»: материалы конференции. – М., 1995. – С. 72.
104. Пат. 91888 Україна, МПК (2014.01) A01G 7/00. Спосіб підвищення продуктивності льону олійного / Кур'ята В.Г., Ходаніцька О.О., Корнійчук О.В.; власник Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України. – № u 2013 13330; заяв. 15.11.2013; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.
105. Пахомова Г.И. Влияние мивала на некоторые показатели водообмена растений / Г.И. Пахомова, В.Е. Петров, Н.Н. Ишмухаметова, Ц.Л. Бакуридзе // Физиологические механизмы адаптивных реакций растений. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. – С. 108-114
106. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / [авт. колектив: В.Л. Петрунек, В.Ф. Марієвський, В.Я. Шевчук та ін.]. – К.: Юнівест Маркетинг, 1996. – С. 94-95.



107. Персикова Т.Ф. Природный фитогормон гомобрассинолид – важный резерв повышения урожайности и качества льна-долгунца / Т.Ф. Персикова, А.А. Ходянков // *Агрехимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 19-21.
108. Пестициди і агрохімікати України: практичний довідник для фахівців сільського господарства. – Дніпропетровськ : Арт-Прес, 2006. – 319 с.
109. Пешук Л.В. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини / Л.В. Пешук, Т.Т. Носенко. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 296 с.
110. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області / І.М. Півошенко. – В.: ВАТ Віноблдрукарня, 1997.– 240 с.
111. Полякова І. Ресурси льону олійного в Україні / І. Полякова, О. Поляков // *Пропозиція*. – 2008. – № 5. – С. 52-53.
112. Полякова І.О. Насінництво льону олійного / І.О. Полякова, Р.С. Сьоміна, М.М. Ягло // *Насінництво*. – 2006. – № 12. – С. 23.
113. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина: (физико-химические свойства и биологическая активность) / С.П. Пономаренко. – К.: Техника, 1999. – 270 с.
114. Попроцька І. В. Зміни в полісахаридному комплексі клітинних стінок сім'ядолей проростків гарбуза за різної напруженості донорно-акцепторних відносин в процесі проростання / І. В. Попроцька // *Физиология и биохимия культ. растений*. – 2014. – 46 (3). – С. 190–195.
115. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.
116. Применение регуляторов роста растений в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. / [редкол. : Л. М. Державин]. – М.: ЦИНАО, 1985. – 119 с.
117. Прусакова Л.Д. Влияние эпибрассинолида и Акоста на засухоустойчивость и продуктивность яровой пшеницы / Л.Д. Прусакова, С.И. Чижова, Л.Ф. Агеева и др. // *Агрехимия*. – 2000. – № 3. – С. 50-54.

118. Прусакова Л.Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л.Д. Прусакова, Н.Н. Малеванная, С.Л. Белопухов, В.В. Вакуленко // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 76-86.
119. Радцева Г.Е. Физиологические аспекты действия химических регуляторов роста на растения / Г.Е. Радцева, В.С. Радцев. – М.: Наука, 1982. – 148 с.
120. Разумов В.А. Массовый анализ кормов / В.А. Разумов. – М.: Колос, 1982. – 176 с.
121. Регулятори росту рослин у землеробстві : зб. наук. праць / за ред. А.О. Шевченка. – К.: Міністерство АПК, 1998. – 144 с.
122. Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях: шестая междунар. конф., 26-28 июня 2001 г.: тезисы докл. / под ред. В.С. Шевелуха. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 296 с.
123. Регуляторы роста растений / [К.З. Гамбург, О.Н. Кулаева, Г.С. Муромцев и др.]; под ред. Г.С. Муромцева. – М.: Колос, 1979. – 247 с.
124. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні основи та екологічні аспекти / [Т.М. Шадчина, Б.І. Гуляєв, Д.А. Кірізій та ін.]. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 384с.
125. Рекомендації із застосування регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві. – К.: Високий врожай, 2006. – 25 с.
126. Рогач В.В. Вплив ретардантів на морфогенез, продуктивність і склад вищих жирних кислот олії ріпаку озимого: дис. ... кандидата біол. наук: 03.00.12. / Віктор Васильович Рогач. – Вінниця, 2009. – 178 с.
127. Рогач Т.І. Фізіологічні основи регуляції морфогенезу та продуктивності соняшника за допомогою хлормекватхлориду і трептолему: дис. ... кандидата с.-г. наук: 03.00.12. / Тетяна Іванівна Рогач. – Вінниця, 2011. – 183 с.
128. Роньжина Е.С. Донорно-акцепторные отношения и участие цитокининов в регуляции транспорта и распределении органических веществ

в растениях / Е.С. Роньжина, А.Т. Мокроносков // Физиология растений. – 1994. – Т. 41, №3. – С. 448-459.

129. Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства в масложировой промышленности: в 6 т. / под общ. ред. В.П. Ржехина и А.С. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1967 – Т. I. Кн. 2: Общие методы исследования жиров и жиросодержащих продуктов (химия и анализ). – 1967. – С. 888-962.

130. Сакало В.Д. Влияние предпосевной обработки семян сахарной свеклы регуляторами роста на метаболизм сахарозы и продуктивность / В.Д. Сакало, В.М. Курчий // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 2. – С. 113-120.

131. Сарычева А.А. Влияние этиленпродуцента на поглощение и распределение азота в растениях пшеницы в постфлоральный период / А.А. Сарычева // Агрехимия. – 1999. – № 5. – С. 82-87.

132. Середне Побужжя / За ред. Денисика Г.І. – Вінниця: Гіпаніс, 2002. – 280 с.

133. Скоробогатова И.В. Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя разного возраста при внесении регуляторов, ингибирующих рост / И.В. Скоробогатова, Е.В. Захарова, Н.П. Карсункина и др. // Агрехимия. – 1999. – № 9. – С. 57-59.

134. Скоробогатова И.В. Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя в онтогенезе и при внесении регуляторов, стимулирующих рост / И.В. Скоробогатова, Е.В. Захарова, Н.П. Карсункина и др. // Агрехимия. – 1999. – № 8. – С. 49-53.

135. Скорчено А.Ф. Основи ведення льонарства в сучасних умовах / А.Ф. Скорчено, І.П. Карпець, В.Б. Ковальов та ін. – К.: Нора-прінт, 2002. – 48 с.

136. Советкина В.Е. Применение регуляторов роста при выращивании томата / В.Е. Советкина, Г.Л. Матевосян, А.Ю. Мазрук и др. // Агрехимия. – 1990. – № 6. – С. 82-87.

137. Тараріко Ю.О. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агроєкосистем (науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва) // Ю.О. Тараріко, О.О. Іващенко та ін. – К.: Аграрна наука, 2004. – 126 с.
138. Тіханков І. Гідразид малеїнової кислоти – фізіологічно активна сполука широкого спектру дії / І. Тіханков // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2008. – № 47. – С. 3-20.
139. Ткачук О.О. Дія ретардантів на морфогенез, період спокою і продуктивність картоплі: дис. ... кандидата біол. наук: 03.00.12. / Олеся Олександрівна Ткачук. – Київ, 2007. – 166 с.
140. Ткачук О.О. Вплив ретардантів на вміст азоту, фосфору та калію у рослин картоплі / О.О. Ткачук // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Ф 50 у 2 т / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Українське товариство фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. – К.: Логос, 2009. – С. 663-669.
141. Товстановська Т.Г. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні // Т.Г. Товстановська, І.О. Полякова // Агроном. – 2007. – №1. – С. 156-157.
142. Тишков Н.М. Экономическая и биоэнергетическая эффективность химического способа уничтожения сорняков в посевах льна масличного / Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов // МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2007. – Вып. 1 (136). – С. 88-91.
143. Тюхтенева З.И. Изучение рострегулирующей активности солей 3-бензиламино-N-бензилбутанамида на зерновых культурах / З.И. Тюхтенева, Н.С. Челлар, Л.А. Бадовская // Агрохимия. – 2006. – № 9. – С. 42-45.
144. Умаров А.А. Бензимидазолы, их регуляторные свойства и функции / А.А. Умаров. – Ташкент: „ФАИ”, 1990. – 132 с.
145. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / [Под ред. Третьякова Н.Н.]. – М.: Колос, 2005. – 656 с.

146. Химическая защита растений / Под ред. Т.С. Груздева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 415 с.
147. Хитрово Е.В. Влияние хлорхолинхлорида и уровня азотного питания на дыхание и продуктивность яровой пшеницы / Е.В. Хитрово // Тр. Коми науч центра. Урал. отд-ния АН СССР, 1988. – С. 39-45.
148. Ходаніцька О.О. Дія трептолему на насінневу продуктивність і якісні характеристики олії льону / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Корми і кормовиробництво: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Вінниця, 2011. – Вип. 70. – 248 с. – С. 54-59.
149. Ходаніцька О.О. Вплив хлормекватхлориду на накопичення і перерозподіл вуглеводів між органами рослин льону олійного в процесі росту та урожайність культури / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята, О.В. Корнійчук // Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерків. нац. аграр. ун-т. – Біла церква, 2011. – Вип. 6 (86). – 182 с. – С. 119-123.
150. Ходаніцька О.О. Регуляція продуктивності та якості продукції льону олійного за допомогою регуляторів росту з різним напрямком дії / О.О. Ходаніцька // Зб. наук. праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 1 (57). – С. 153-157.
151. Ходаніцька О.О. Продуктивність льону-кучерявцю за дії суміші регуляторів росту / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского. – 2013. – Т. 26 (65), № 3. – С. 203-210.
152. Ходаніцька О.О. Вплив регуляторів росту на вміст азоту, фосфору та калію у рослинах льону олійного / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2013. – № 3 (56). – С.102-108.
153. Ходаніцька О.О. Вплив суміші регуляторів росту хлормекватхлориду і трептолему на якість олії льону сорту Орфей / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Питання біоіндикації та екології. – 2013. – Вип. 18, № 2. – С. 77-88.

154. Ходаніцька О.О. Дія хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез, продуктивність та жирнокислотний склад насіння льону олійного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. сільськогосп. наук: спец. 03.00.12 – фізіологія рослин / О.О. Ходаніцька. – Умань, 2014. – 20 с.
155. Ходаніцька О.О. Вплив хлормекватхлориду і трептолему на насіннєву продуктивність льону олійного / О.О. Ходаніцька // *Materialy V mezinarodni vedecko-prakticka konference «Veda a vznik – 2009/2010» (27 prosincu 2009 – 05 ledna 2010)*. – Dil. 19. – Praha, Publishing house «Education and Science» s.r.o. – 41-43.
156. Ходаніцька О.О. Дія хлормекватхлориду і трептолему на мезоструктурну організацію листка льону олійного / О.О. Ходаніцька // *Materialy V Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci – 2010» (07-15 stycznia 2010 roku)*. – Volume 14. – Przemysl, Nauka i studia. – 30-33.
157. Ходаніцька О.О. Анатомічні особливості стебла льону олійного за дії хлормекватхлориду та трептолему / О.О. Ходаніцька // *Materialy VI Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania swiatowej nauki – 2010» (07-15 lutego 2010 roku)*. – Volume 12. – Przemysl, Nauka i studia. – С. 37-39.
158. Ходаніцька О.О. Вплив трептолему на анатомічну організацію стебла льону олійного / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // *Materialy VI mezinarodni vedecko-prakticka konference «Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2010» (27 unora – 05 brezen 2010 roku)*. – Dil. 12. – Praha, Publishing house «Education and Science» s.r.o. – 60-61.
159. Ходаніцька О.О. Вплив хлормекватхлориду на будову вегетативних органів льону / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // *Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження / Збірник наукових праць ВДПУ*. – Вінниця, 2010. – Вип. 7(12). – 152 с. – С. 95-96.

160. Ходаніцька О.О. Вплив хлормекватхлориду і трептолему на ріст, урожайність та якість продукції рослин льону / О.О. Ходаніцька // Матеріали XI конференції молодих вчених «Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів». – Київ, 2010. – 353 с. – С. 191-193.
161. Ходаніцька О.О. Вміст олії в насінні льону та її якісні характеристики за дії регуляторів росту рослин / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Матеріали за VI міжнародна научна практична конференція «Образование и наука 21 век – 2010» (17-25 октомври, 2010). – Том 16. – София, «БялГРАД-БГ» ООД. – С. 63-66.
162. Ходаніцька О.О. Структура врожаю олійного льону при застосуванні сучасних стимуляторів росту рослин / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // *Materialy VII Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania swiatowej nauki – 2011» (07-15 lutego 2011 roku)*. – Volume 11. – Przemysl, Nauka i studia. – С. 44-46.
163. Ходаніцька О.О. Жирнокислотний склад олії льону за дії хлормекватхлориду і трептолему / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження / Збірник наукових праць ВДПУ. – Вінниця, 2011. – Вип. 8(13). – 244 с. – С. 130-131.
164. Ходаніцька О.О. Вміст азоту в рослинах льону олійного за дії хлормекватхлориду / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження / Збірник наукових праць ВДПУ. – Вінниця, 2012. – Вип. 9 (14). – 232 с. – С. 160-162.
165. Ходаніцька О.О. Вплив трептолему на формування фотосинтетичного апарату рослин льону олійного / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук. Основні наукові проблеми та перспективи дослідження / Збірник наукових праць ВДПУ. – Вінниця, 2013. – Вип. 10 (15). – 260 с. – С. 190-193.

166. Ходаніцька О.О. Застосування хлормекватхлориду для оптимізації продукційного процесу льону олійного / О.О. Ходаніцька, В.Г. Кур'ята // IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю, 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – 252 с. – С. 428-431.
167. Ходаніцька О.О. Застосування регуляторів росту на посівах льону / О.О. Ходаніцька // Materials of the XIII International scientific and practical conference «Modern European science – 2017» (june 30 – july 7. 2017). – Vol. 6. – Sheffield, Science and education ltd. – P. 19-22.
168. Ходянков А.А. Влияние brassinosteroidов на устойчивость растений льна-долгунца к засухе / А.А. Ходянков // Агробиохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 21-24.
169. Хожайнова Г.Н. Физиолого-биохимическая характеристика действия на растения 2,3-дихлоризобутирата натрия и ретарданта на его основе – тебепаса: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.12 „Физиология растений” / Г. Н. Хожайнова. – Воронеж, 1994. – 23 с.
170. Хрипач В.А. Перспективы практического применения brassinosteroidов – нового класса фитогормонов / В.А. Хрипач, В.Н. Жабинский, Ф.А. Лахвич // С.-х. биология. – 1995. – Т. 1. – С. 3-11.
171. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений / М.Х. Чайлахян. – М.: Наука, 1984. – 238 с.
172. Черствий С.М. Ефективність застосування біостимулятора фітостим 025 у льонарстві / С.М. Черствий, О.Ю. Локоть, І.В. Гриник // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 5. – С. 23-26.
173. Чехов А.В. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування / А.В. Чехов, Л.Ю. Міщенко, І.О. Полякова – К.: 2007. – 56 с.
174. Чудинова Ю. Влияние стимуляторов роста и развития растений гуминовой природы на продуктивность льна / Ю. Чудинова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2007. – № 5. – С. 59-60.



175. Шакирова Ф.М. Влияние салициловой кислоты на урожайность яровой пшеницы и баланс фитогормонов в растениях в онтогенезе / Ф.М. Шакирова, М.В. Безрукава, А.Р. Сахабутдинова // *Агрохимия*. – 2000. – № 5. – С. 52-56.
176. Шамурзаев Р.И. Научное обоснование повышения продуктивности и качества семян льна масличного в предгорье Кабардино-Балкарской республики / Р.И. Шамурзаев: автореф. дис. на соискание ученой степени к. с.-х. н.: спец. 06.01.01. «Общее земледелие». – Краснодар, 2011. – 23 с.
177. Шаповалов А.А. Отечественные регуляторы роста растений / А.А. Шаповалов, Н.Ф. Зубкова // *Агрохимия*. – 2003. – № 11. – С. 33-47.
178. Шевчук О.А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.12 / Оксана Анатоліївна Шевчук. – К., 2005. – 156 с.
179. Шевчук О. А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків / О. А. Шевчук, В. Г. Кур'ята. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 140 с.
180. Эрдели Г.С. Поступление нового ретарданта – 2,3-дихлоризобутирата в растения, его внутриклеточная локализация и влияние на водный обмен / Г.С. Эрдели, Г.Н. Хожаинова, Г. Шиллинг, В. Мербах // *Физиология растений*. – 1991. – Т. 32, № 2. – С. 365-370.
181. Эрдели Г.С. Изобутираты – новый класс ретардантов / Г.С. Эрдели, Г.Н. Хожаинова, Г. Шиллинг. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1992. – 157 с.
182. Этиленпродуценты в растениеводстве: Физиологическое действие и применение / [О. И. Романовская, М.П. Селга, О.Э. Крейцберг и др.]. – Рига: Зинатне, 1989. – 155 с.
183. Яковенко Т.М. Олійні культури України / Т.М. Яковенко – К.: Урожай, 2005. – 408 с.
184. Aach H. Ent-Kaurene synthase is located in proplastids of meristematic shoot tissues / H. Aach, H. Bode, D. Robinson, J. Graede // *Planta*. – 1997. – V. 202, №3 – P. 211-219.

185. Aboushoba L. M. Physiological response of sunflower plants to foliar application of CCC and boron / L.M. Aboushoba, N. Shahin, M.M. El-Mfry // *Tropenlandwirt.* – 1985. – № 85-86. – P. 32-40.
186. Ahmed F.A. Biochemical studies of the effect of B9 (growth regulator) on safflower plant / F.A. Ahmed, H.O. Osman, F.A. Kahiu // *Grasas y Acoitos.* – 1986. – 37, №2. – P. 68-71.
187. Armstrong E. L. Reducing height and lodging in rapeseed with growth regulators / E. L. Armstrong, H. I. Nicol // *Austral. J. Exp. Agric.* – 1991. – Vol. 31, № 2. – P. 245-250.
188. Barnes A.M. Anatomy of *Zea mays* and *Glycine max* seedlings treated with triazole plant growth regulators / A.M. Barnes, R.H. Walser, T.D. Davis // *Biol. plant.* – 1989. – 31, № 5. – P. 370-375.
189. Basra A. Plant growth regulators in agriculture and horticulture: their role and commercial uses / A.Basra – CRC Press, 2000. – 142 p.
190. Baylis A.D. Investigations into the use of plant growth regulators in oil seed sunflower husbandry / A.D. Baylis, J.W. Dicks // *J. Agr. Sci.* – 1983. – 100, №3. – P.723-730.
191. Berry P. M. Understanding and reducing lodging in cereals / P. M. Berry, M.Sterling, J. H.Spink // *Adv. Agron.* – 2004. – № 84. – P. 217-271.
192. Bhattacharjee A. Effekt of CCC, SADH growth modification of a sunflower cultivar and its yield / A. Bhattacharjee, K. Gupta // *J. Indian B.* – 1984. – 63, №4. – P. 335-340.
193. Bhatta R.S. Flaxseed in Human Nutrition. Ed. by S. C. / R.S. Bhatta – Cunnane and L. U. Thompson. AOSC Press. Champaign, IL. – 1995. – P. 22–42.
194. Bode J. The influence of (2-chloroethyl)—trimethylammoniumdioride (CCC) on growth and rhotosintetic metabolism of young wheat planta (*Triticum distivam* L.) / J. Bode, A. Wild // *Plant Physiol.* – 1984. – Vol. 116, № 5. – P. 435-446.

195. Budzyński W. The influence of triapentenol used in spring on winter rape lodging and yield / W. Budzyński, T. Ojczyk // *Rostl. výroba.* – 1995. – Vol. 41, № 6. – P. 269-274.
196. Burbulis N. Influence of genotype, growth regulators, sucrose level and preconditioning of donor plants on flax (*Linum usitatissimum* L.) anther culture / N. Burbulis et al. // *Acta Biologica Hungarica.* – 2005. – T. 56. – №. 3-4. – P. 323-331.
197. Burden R.S. Comparative activity of the enantiomers of triadimenol and paclobutrazol as inhibitors of fungal growth and plant sterol and gibberellin biosynthesis / R.S. Burden, G.A. Carter, T. Clark et al. // *Pestic. Sci.* – 1987. – Vol. 21. – P. 253-267.
198. Bytler D.R. Effect of triazole growth retardants on oilseed rape, photosynthesis of single leaves / D.R. Bytler, E. Pears, R.D. Chid, P. Brain // *Ann. Appl. Biol.* – 1980. – Vol 1114, №2. – P. 331-337.
199. Canvin D. T. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops / D. T. Canvin // *Canadian Journal of Botany.* – 1965. – T. 43. – №. 1. – P. 63-69.
200. Catterou M. Brassinosteroids, microtubules and cell elongation in *Arabidopsis thaliana*. II Effects of brassinosteroids on microtubules and cell elongation in the bull mutant / M. Catterou, F. Dubois, H. Schaller et al. // *Planta.* – 2001. – V. 212. – P. 673-683.
201. Chamel Andre. Foliar absorption of [<sup>14</sup>C] paclobutrazol: Study of cuticular sorption and penetration using isolated cuticles / Andre Chamel, Bornadette Gambonnet, Laurence Arnaud, Maurice Alfi // *Plant Physiol. and Biochem.* – 1991. – 29, №5. – P. 395-401.
202. Characterization of brassinazole, a triazole-type brassinosteroid biosynthesis inhibitor / Asami Tadao, Min Yong Ki, Nagata Noriko [et al.] // *Plant Physiol.* – 2000. – Vol. 123, № 1. – P. 93-99.

203. Compendium of Pesticide Common Names. Classified Lists of Pesticides. Plant Growth Regulators [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.alanwood.net/pesticides>
204. Cook Sarah K. Evaluation of FD4121A as a growth regulator for linseed / Sarah K. Cook // Ann. Appl. Biol. – 1992. – 120, Suppl. – P. 66-67.
205. Cunnane S.C. High  $\alpha$ -linolenic acid flax seed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans / S.C. Cunnane, S. Ganguli, C. Menard. // British J. Nutrition. – 1993. – № 69. – P.443-453.
206. DeClerg D.R. Quality of western Canadian flaxseed / D.R. DeClerg, J.K. Daun // Report. Canadian Grain Commission. – Winnipeg, MB, Canada, 2002. – P. 1-14.
207. Delvin R.M. Effect of paclobutrazol and fluprimepicol on the germination and growth of wheat and radish / R.M. Delvin, Z.K. Koszanski // Plant growth regulator soc. of America. – 1985. – P. 237-242.
208. Diederichsen A. Seed colour, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada / A. Diederichsen, J.P. Raney // Plant Breed. – 2006. – Vol. 125, № 4. – P. 372–377.
209. Dybing C. D. Yields and yield components of flax, soybean, wheat, and oats treated with morphactins and other growth regulators for senescence delay / C. D.Dybing, C.Lay // Crop Science. – 1981. – T. 21. – №. 6. – P. 904-908.
210. Dybing C. D. Oil and protein in field crops treated with morphactins and other growth regulators for senescence delay / C. D.Dybing, C.Lay //Crop Science. – 1982. – T. 22. – №. 5. – P. 1054-1058.
211. Effect of ethrel, chlormequat chloride and paclobutrazol on growth and pyrethrins accumulation in *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis. / S. Hagye, A. H. A. Farooqi, M. M. Gupta [et al.] // Plant Growth Regul. – 2007. – Vol. 51, № 3. – P. 263-269.
212. Faizanullah A. Role of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of linseed (*linum usitatissimum* l) / A.Faizanullah, A.Bano, A.Nosheen

// Journal of the Chemical Society of Pakistan. – 2010. – T. 32. – №. 5. – P. 568-671.

213. Gianfagna T. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops / T. Gianfagna // Plant hormones. – Springer Netherlands, 1995. – P. 751-773.

214. Greelman R.A. Oligosaccharins, brassinolides and jasmonates: nontraditional regulators of plant growth, development and gene expression / R.A. Greelman, J.S. Mullet // Plant Cell. – 1997. – V. 9. – P. 1211-1223.

215. Grossmann K. Influence of the triazole growth retardant BAS 111.W on phytohormone levels in senescing intact pods of oilseed rape / K. Grossmann, J. Kwiatkowski, C. Hauser, F. Siefert // Plant Growth Regul. – 1994. – V. 14, №2. – P. 115-118.

216. Hafner V. Moddus – universal product for lodging prevention in cereals. / V.Hafner – 5th Slovenian Conference on Plant Protection. Catez ob Savi, Slovenia, 6-8 March, 2001. – P. 167-172.

217. Hedden P. Effect of the triazole plant growth retardant BAS 111 W on gibberellin levels in oilseed rape Brassica napus / P. Hedden, S. Croker, W. Rademacher, J. Jung // Physiol Plant. – 1989. – Vol. 75, № 4. – P. 445-451.

218. Ilumäe E. Folicur EW 250 ja moddus 250 EC toimest suvirapsi kasvule ja saagile: Докл. [Conference on the Faculty of Agronomy of EAU, Estonian Research Institute of Agriculture and Jõgeva Plant Breeding Institute „Agronomy 2005”, Tartu, 2005] / Ene Ilumäe, Karl Kaarli, Arvi Hansson, Elina Akk // Trans. – Est. Agr. Univ. – 2005. – № 220. – P. 180-182.

219. Iremiren G.O. Effects of Paclobutrazol and nitrogen-fertilizer on the growth and yield of maize / G.O. Iremiren, P.O. Adewumi, S.O. Aduloji, A.A. Ibitoye // J. Agricult. Sci. – 1997. – V. 128. – P. 425-426.

220. Jamaj H. Effects of soil-applied uniconazole and prohexadione calcium on the growth and endogenous gibberellin content of Lycopersicon esculentum Mill. Seedling / H. Jamaj, N. Katsura, T. Nishijima, M. Koshioka // Plant Physiol 1991. – V. 138, № 6. – P. 736.

221. Jung J. Growth regulation in crop plants with new types of triazole compounds / J. Jung, M. Luib, H. Sauter // *J. Agron. Crop Sc.* – 1987. – Vol. 158. – P. 324-332.
222. Kagale Sateesh. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stresses / Sateesh Kagale, Uday K.Divi, Joan E.Krochko, Wilfred A.Keller, Priti Krishna // *Planta.* – 2007. – 225, № 2. – P. 353-364.
223. Khader S.E. Effect of bioregulators on storage behavior of potato / S.E. Khader, S.A. Khan // *Indian J. Agr. Biochem.* – 1990. – 3, № 1-2. – P. 43-47.
224. Kim S.K. Quantification of endogenous gibberellins in two flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars during seed development / S.K.Kim, E.Y. Sohn, I.J. Lee. // *J. Crop Sci. Biotech.* – 2009. – 12(1). – P.43-46.
225. Kim S. K. Effects of Mepiquat Chloride and Trinexapac-Ethyl on Oil Composition, Seed Yield and Endogenous Gibberellins in Flax / S. K. Kim, H. D.Lee, H. J. Choi // *Korean Journal of Plant Resources.* – 2011. – T. 24. – №. 6. – C. 696-701.
226. Kim S. K.. Combined Effects of Mepiquat Chloride and Trinexapac-ethyl on Oil Content, Lignan, Seed Yield and Endogenous Gibberellins in Flax (*Linum usitatissimum* L.) / S. K.Kim, H. J.Choi, S. Y. Park // *Korean Journal of Plant Resources.* – 2013. – T. 26. – №. 6. – P. 695-700.
227. Kim S. K. Effects of gibberellin biosynthetic inhibitors on oil, secoisolarosonolodiglucoside, seed yield and endogenous gibberellin content in flax / S. K.Kim, H. Y.Kim // *Korean Journal of Plant Resources.* – 2014. – T. 27. – №. 3. – P. 229-235.
228. Kirillova E.N. The influence of ethylene producers on apple tree metabolism and productivity / E.N. Kirillova, G.T. Balmush, M.M. Russu, S.I. Toma // *Ethylene: Physiol., Biochemistry and Practical Application: Int. Conf. mark 90 Anniv. Discov. Ethylene. D.N. Neljubov (1866-1926) Moscow-Pushchino-St. Petersburg, July 16-21, 1992. – Pushchino, 1992. – P. 28-29.*

229. Kulkarni S.S. Influence of growth retardants on biochemical parameters in sunflower / S.S. Kulkarni, M.B. Chetti, D.S. Uppar // J. Maharashtra Agr. Univ. – 1995. – 20, №3. – P. 352-354.
230. Lazko J. Biocomposites based on flax short fibres and linseed oil / J. Lazko // Industrial crops and products. – 2011. – T. 33. – №. 2. – C. 317-324.
231. Lazko J. Flame retardant treatments of insulating agro-materials from flax short fibres / J. Lazko // Polymer degradation and stability. – 2013. – T. 98. – №. 5. – C. 1043-1051.
232. Leitch M.H. Effects of plant growth regulators on stem extension and yield components of linseed (*Linum usitatissimum*) / M.H. Leitch, O. Kurt // The Journal of Agricultural Science. Cambridge University Press. – Vol. 132, Issue 2. – 1999. – P. 189-199.
233. Maage F. The effect of growth regulators on bud dormancy and winter injury in red raspberry / F. Maage // Acta hortic. Wageningen. – 1986. – Vol. 179, № 1. – P. 149-156.
234. Mauch-Mani B. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack / B. Mauch-Mani, J.-P. Metraux // Annals of Botany. – 1998. – V. 82. – P. 535-540.
235. Miliuvienė L. Oilseed rape growth regulation by compounds 3-DEC and 17-DMC / Laima Miliuvienė, Leonida Novickienė, Jonas Jurevičius // Bot. Lithuan. – 2007. – Vol. 13, № 2. – P. 115-121.
236. Nickell L. G. Plant growth regulators. Agricultural uses / L. G. Nickell et al. – Springer-Verlag, 1982. – 198 p.
237. Novickienė L. The effect of auxin analogues on the rooting of green cherry cuttings : pap. 5<sup>th</sup> Congr. Lith. Soc. Biochem. Vilnius, 26-27 Oct., 1995 / L. Novickienė, T. Pižmontas, A. Merkys // Biologija. – 1995. – № 1-2. – P. 137-143.
238. Ojczyk T. Wpływ baronetu 70 WG stosowanego jesienią na zimowanie, wyleganie i plonowanie rzepaku ozimego / Teresa Ojczyk // Acta Acad. agr. ac techn. olsten. Agr. – 1996. – № 63. – P. 195-203.

239. Oomah B. D. Flaxseed products for disease prevention / B. D Oomah., G. Mazza //Functional Foods. USA: Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster Basel. – 1998. – P. 91-138.
240. Oomach B. Dave Flaxseed as a functional food source / B. Oomach // J. of the Science of Food and Agriculture. – 2001. – Vol. 81, Is. 9. – P. 889-894.
241. Poprotska I. V. Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride / I. V. Poprotska, V. G. Kuryata // Regul. Mech. Biosyst. – 2017. – 8(1). – P. 71–76.
242. Possibilities to use growth regulators in winter oilseed rape growing technology. 2. Effects of auxin analogues on the formation of oilseed rape generative organs and plant winterhardiness / V. Gavelienė, L. Novickienė, L. Miliuvienė [et al.] // Agronomy Research. – 2005. – Vol. 3, № 1. – P. 9-19.
243. Rademacher W. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways / W. Rademacher // An. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2000. – № 51. – P. 501-577.
244. Raskin I. Role of salicylic acid in plants / I. Raskin // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1992. – V. 43. – P. 439-463.
245. Rashid K. Y. Efficacy of fungicides in reducing pasmo and yield loss in flax. / K. Y.Rashid // Proc. 63rd Flax Institute of the United States. Fargo, ND, 2010. – P. 73-77.
246. Rebetzke G.J. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / G.J. Rebetzke, M.H. Ellis, D.G. Bonnett1 et al. // Field Crops Research. – 2012. – Vol. 126, № 14. – P. 87-96.
247. Saini J.S. Influence of chlormequat on the growth and yield of irrigated and rainfed indian mustard (*Brassica juncea*) in the field / J.S. Saini, R.S. Jolly, O.S. Singh // Exp. Agr. – 1987. – Vol. 23, № 3. – P. 319-324.
248. Sawan Z. M. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardants and zinc on cottonseed, protein and oil yields and oil properties



of cotton / Z. M.Sawan, S. A. Hafez, A. E. Basyony //Journal of agronomy and crop science. – 2001. – T. 186. – №. 3. – C. 183-191.

249. Sawana Z. M. Nitrogen, potassium and plant growth retardant effects on oil content and quality of cotton seed / Z. M. Sawan, S. A. Hafez, A. R. Alkassas // Grasas Y Aceites. – 2007. – T. 58. – №. 3. – C. 243-251.

250. Scarisbrick D.H. The effect of paclobutrazol on plant height and seed yield of oil-seed rape (*Brassica napus* L.) / D.H. Scarisbrick, A.A. Addo-Quaye, R.W. Daniels // J. agr. Sc. – 1985. – Vol. 105, № 3. – P. 605-612.

251. Sergeeva L.I. Influence of ethrel, IAA and TYBA on tobacco Trapezond flowering in connection with plant ageing and physiological state / L.I. Sergeeva, T.N. Konstantinova, N.P. Aksenova, S.A. Golyanovskaya //Ethylene: Physiol., Biochemistry and Practical Application: Int. Conf. mark 90 Anniv. Discov. Ethylene. D.N. Neljubov (1866-1926) Moscow-Pushchino-St. Petersburg, July 16-21, 1992. – Pushchino, 1992. – P. 48.

252. Setia R.C. Influence of paclobutrazol on growth and yield of *Brassica carinata* A. Br. / R.C. Setia, Gurmeet Bhathal, Neelam Setia // Plant Growth Regul. – 1995. – Vol. 16, № 2. – P. 121-127.

253. Sharma R. Effect of growth regulators on nodulation and some biochemical parameters in soybean / R. Sharma, E.O. Kwon // Plant Physion. Biochem. – 1987. – Vol. 14, №2. – P. 146-152.

254. Shekoofa A. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz / A.Shekoofa, Y.Emam // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2010. – T. 10. – P. 101-108.

255. Shtereva L. Germination response to exogenous Gibberellic Acid (GA3) in anthocyanin-containing and anthocyaninless tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines / L. Shtereva, B. Atanassova, E. Balatcheva // Genet. And Breed. – 2003. – 32, № 1-2. – P. 39-46.

256. Simko I. Effect of sodium 2,3-dichloroisobutyrate (DCIB-Na) on in vitro tuberization of potatoes / I. Simko // Rostlinna Vyroba. – 1990. – Vol. 36, № 2. – P. 1201-1206.

257. Smith L.J. The effects of Cerone on plant structure and seed yield of winter oilseed rape / L.J. Smith, D.H. Scarisbrick // GCIRC Bull. – 1986. – № 3. – P. 39-41.
258. Stark C. Osmotic adjustment and growth of salt-stressed cotton as improved by a bioregulator / C. Stark // J. Agron. and Crop. Sci. – 1991. – 167, № 5. – P. 326-334.
259. Steffens G.L. Influence of paclobutrazol (PP 333) on apple seedling growth and physiology / G.L. Steffens, S.Y. Wang, C.L. Steffens // Plant Growth regulator Soc. of America Annual Meeting, 10 Proc. – 1983. – P. 195-206
260. Sterett J.P. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plants / J.P. Sterett // J.Amer. Soc. Hort. Sei. – 1985. – V.110. – P. 4-16.
261. Swain S.M. Plants with increased expression of ent-kaurene oxidase are resistant to chemical inhibitors of this gibberellin biosynthesis enzyme / S.M. Swain, D.P. Singh, C.A. Helliwell, A.T. Poole // Plant and Cell Physiology. – 2005. – 46, № 2. – P. 284-291.
262. Tacano M. Mechanical stress and gibberellin-regulation of hollowing induction in the stem of a bean plant *Phaseolus vulgaris* / M. Tacano, H. Tacashi, H. Suge // Plant and Cell physiology. – 1995. – V.36, – №1. – P. 101-104.
263. Varkonda S. Rozvoj vyuzitia regulatorov rastu rastlin / S. Varkonda, M. Henselova, L. Ujhelyiova // Agrochemia: Bratislava. – 1988. – Vol. 28. – P. 8-14.
264. Vreugdenhil D. Use of the growth retardant tetrcyclacis for potato tuber formation in vitro / Dick Vreugdenhil, Petra Bindels, Poula Reinhoud // Plant Growth Regul. – 1994. – Vol. 14, № 3. – P. 257-265.
265. Wample Robert L. The influence of Paclobutrozol, a new growth regulator, on sunflowers / Robert L.Wample, Elaine D.Culver // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1983. – 108, №1. – P. 122-125.
266. Wei Zhang. Preparation of ethylene gas and comparison of ethylene responses induced by ethylene, ACC, and ethephon / Wei Zhang, Chi-Kuang Wen // Plant Physiology and Biochemistry. – 2010. – Vol. 48, Issue 1. – P. 45-53.

267. Yang Liu. Effect of plant growth regulators on growth of rice tiller bud and changes of endogenous hormones / Yang Liu, Yan-Feng Ding, Qiang-Sheng Wang, Gang-Hua Li // *Acta Agronomica Sinica*. – 2011. – Vol. 37, Issue 4. – P. 670–676.
268. Yildiz M. Comparison of growth regulators for adventitious shoot regeneration from hypocotyls of flax (*Linum usitatissimum* L.) / M.Yildiz, M.A. Ozgen // *Journal Of Food Agriculture And Environment*. – 2006. – T. 4. – №. 3/4. – C. 171.
269. Yokota T. The structure, biosynthesis and function of brassinosteroids / T. Yokota // *Trends Plant Sci*. – 1997. – № 2. – P. 137-143.
270. Zafirova T.P., Christov Ch.D. Inhibition of the apical dominance in sunflower plants / T.P. Zafirova, Ch.D. Christov // *Докл. Болг. АН*. – 1989. – 39, №2. – P. 73-76.
271. Zafirova T.P. The influence of some growth regulators on the sunflower production / T.P. Zafirova, Ch.D. Christov, V. Iliev // *Plant Growth regulators: Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp., Pamporovo, Sept. 28. – Oct. 4, 1986. – Pt 1. – Sofia, 1987. – P. 797-800.*
272. Zhang M. Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean / M.Zhang et al. // *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. – 2004. – P. 252-256.*

**ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені МИХАЙЛА КОЦЮБІНСЬКОГО**

**ХОДАНЦЬКА ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА  
КУР'ЯТА ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ**

**ДІЯ ХЛОРМЕКВАТХЛОРИДУ І ТРЕПТОЛЕМУ  
НА МОРФОГЕНЕЗ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА  
ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД  
НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО**