

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА МОРФОГЕНЕЗ І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Ходаніцька О.О., к.с.-г.н., асистент

E-mail: len4009@yandex.ua

Вивчали вплив ретарданту хлормекватхлориду і стимулятора росту трептолему на формування листової поверхні, мезоструктуру, фотосинтетичну активність листків, будову стебла та продуктивність культури льону олійного. Встановлено, що препарати позитивно впливали на формування фотосинтетичного апарату, змінювали характер донорно-акцепторних відносин у рослин, наслідком чого було збільшення продуктивності культури і підвищення вмісту олії в насінні. Залишковий вміст хлормекватхлориду і трептолему в насінні не перевищує гранично-допустимих концентрацій. Застосування препаратів підвищує економічну ефективність вирощування льону.

Ключові слова: льон (*Linum usitatissimum L.*), ретарданти, стимулятори росту, фотосинтетичний апарат, продуктивність, рентабельність.

Вступ. 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 [20]. Основним напрямком вирішення подібних фундаментальних проблем є дослідження росту і розвитку рослин за впливу фізіологічно активних речовин, в тому числі регуляторів росту – модифікаторів балансу фітогормонів. Під регуляторами росту розуміють синтетичні й природні органічні хімічні речовини, яким властива біологічна активність і які в невеликих кількостях викликають зміни у фізіологічних та біохімічних процесах, у продуктивності сільськогосподарських культур [1, 2]. 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 [1, 31]. 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 [38, 65, 66]. 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, дані щодо підвищення стійкості олійних культур зустрічаються лише в окремих публікаціях [63, 68, 70]. 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.

Саме тому метою досліджень було з'ясувати вплив різних за напрямком дії регуляторів росту і розвитку – хлормекватхлориду і трептолему на ростові процеси, розвиток, продуктивність і вміст олії в насінні льону олійного.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальну частину роботи проводили в лабораторії фізіології і біохімії рослин кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського та на виробничих посівах льону олійного ВДСГДС Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України. Польові дослідження проводили протягом 2009-2012 років на ділянках Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля УААН. Виробничі дослідження проводили в 2011-2013 рр. Агротехнічні прийоми та заходи застосовували згідно технологічної карти для льону олійного [8, 27]. Рослини льону олійного сортів Дебют і Орфей одноразово обробляли водними розчинами хлормекватхлориду (0,5%), трептолему (0,033 мл/л) та сумішшю даних препаратів у вказаних концентраціях у фазу бутонізації. Площа облікової ділянки – 10 м², міжряддя – 0,15 м, повторність п'ятикратна. Обробка здійснювалась за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків. Контрольні рослини обробляли водопровідною водою.

В процесі онтогенезу визначали морфометричні показники (кількість листків, суху масу цілої рослини та її органів, сумарну площу листової поверхні) та чисту продуктивність фотосинтезу. Мезоструктурні характеристики листка визначали на фіксованому матеріалі за загальноприйнятою методикою [30]. Для фіксації листків використовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. 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. У якості мацериуючого агента застосовували 5%-й розчин оцтової кислоти в хлоридній кислоті 2 моль/л. Для аналізу відбирали листки

середнього ярусу.

В кінці вегетації визначали насіннєву продуктивність і структуру урожаю по варіантах досліду. Загальний вміст олії в насінні визначали методом екстракції в апараті Сокслета. В якості органічного розчинника використовували петролейний ефір з температурою кипіння 40-65⁰С.

Результати досліджень обробляли статистично [7, 11]. У таблицях та рисунках представлені середні значення результатів досліджень та їх стандартні похибки.

Результати та обговорення. 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 [31]. 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 [20]. Серед сучасних регуляторів росту рослин широко використовується препарат стимулюючої дії з цитокініноюю, гібереліноюю і ауксиноюю активністю трептолем [32].

Рістрегулюючі препарати, впливаючи на морфогенез рослин, широко застосовуються для боротьби з виляганням злакових культур [1, 27]. Так, ретарданти блокують синтез чи рецепцію гіберелінів і гальмують надмірний ріст вегетативних органів [20]. 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. Застосування суміші паклобутразолу та хлормекватхлориду призводило до зменшення вилягання посівів льону олійного [64]. Проте обробка рослин ретардантами зменшувала врожай соломи [67], а високі концентрації препаратів знижували насіннєву продуктивність льону [12]. 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 [28]. Літературні дані щодо впливу синтетичних регуляторів розвитку на ростові процеси рослин льону поодинокі та суперечливі. 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. Подібна реакція рослин на вплив ретардантів є типовою [14, 24, 37, 46, 49, 53, 58, 61]. 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 становить на 13-14% вище контролю. Крім

цього відбувалося потовщення стебла дослідних рослин усіх варіантів (рис.1). Найбільш суттєво 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%.

Потовщення стебла відбувалося за рахунок посилення розвитку кори та ксилеми (табл. 1). Так, за дії регуляторів росту кількість судин ксилеми в ряду зростає в 1,3-1,9 раза, що призводить до суттєвого потовщення її шару. Найефективнішим було застосування хлормекватхлориду та суміші ретарданту з трептолемом. 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. Тому застосування препаратів покращувало стійкість рослин льону до вилягання та забезпечувало технологічні переваги при зборі врожаю.

Застосування регуляторів росту з різним напрямком дії зумовлювало зміни у формуванні листової поверхні рослин [3, 14, 16, 21, 36, 42]. Згідно наших досліджень, за дії хлормекватхлориду збільшувалася кількість листків на рослині льону олійного, однак сумарна площа листової поверхні не відрізнялася від контролю. Це свідчить про зменшення площі одного листка за дії препарату, що є типовою реакцією рослин на дефіцит гіберелінів.

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на анатомічну будову стебла льону олійного сорту Орфей (середні дані)

Показник \ Варіант досліджу	Контроль (вода)	Хлормеква т-хлорид	Трептоле м	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*

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

За дії трептолему та у суміші з ретардантом на рослині формувалася більша кількість листків і зростала їх сумарна поверхня.

У літературі відмічалася, що зменшення площі листка не завжди супроводжувалося зниженням фотосинтетичної продуктивності [3, 6, 15, 36, 44, 49, 55]. Результати досліджень свідчать, що під дією регуляторів росту підвищується фотосинтетична активність листків льону (рис.2.).

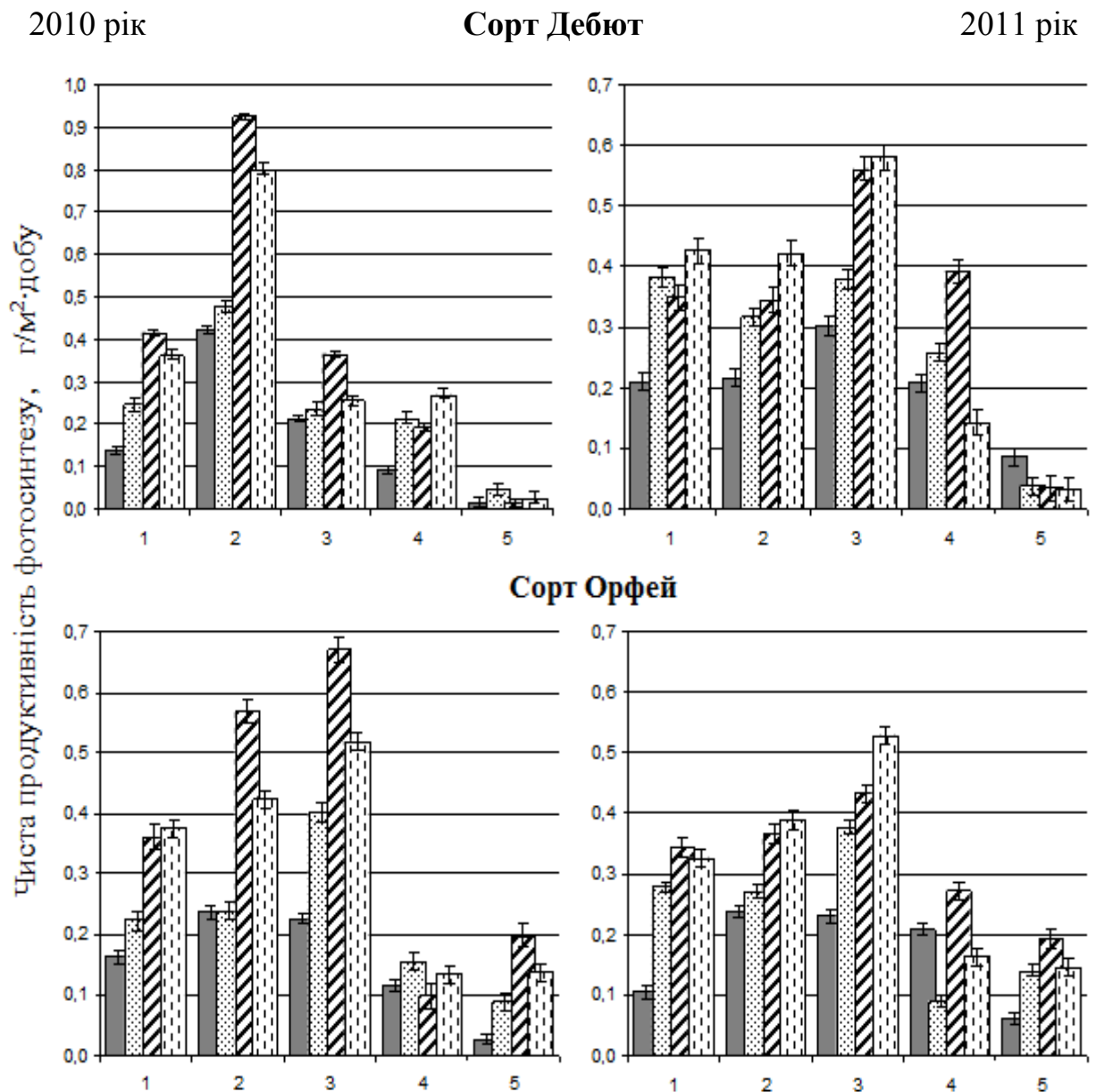


Рисунок 2. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин льону олійного за дії регуляторів росту. Дати обробки: 2010 рік – 4 червня, 2011 рік – 7 червня.

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.

При цьому найбільше зростання донорного потенціалу на одиницю площі листка відбувалося у варіанті із застосуванням суміші трептолему і хлормекватхлориду, а також за дії окремо стимулятора росту.

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.

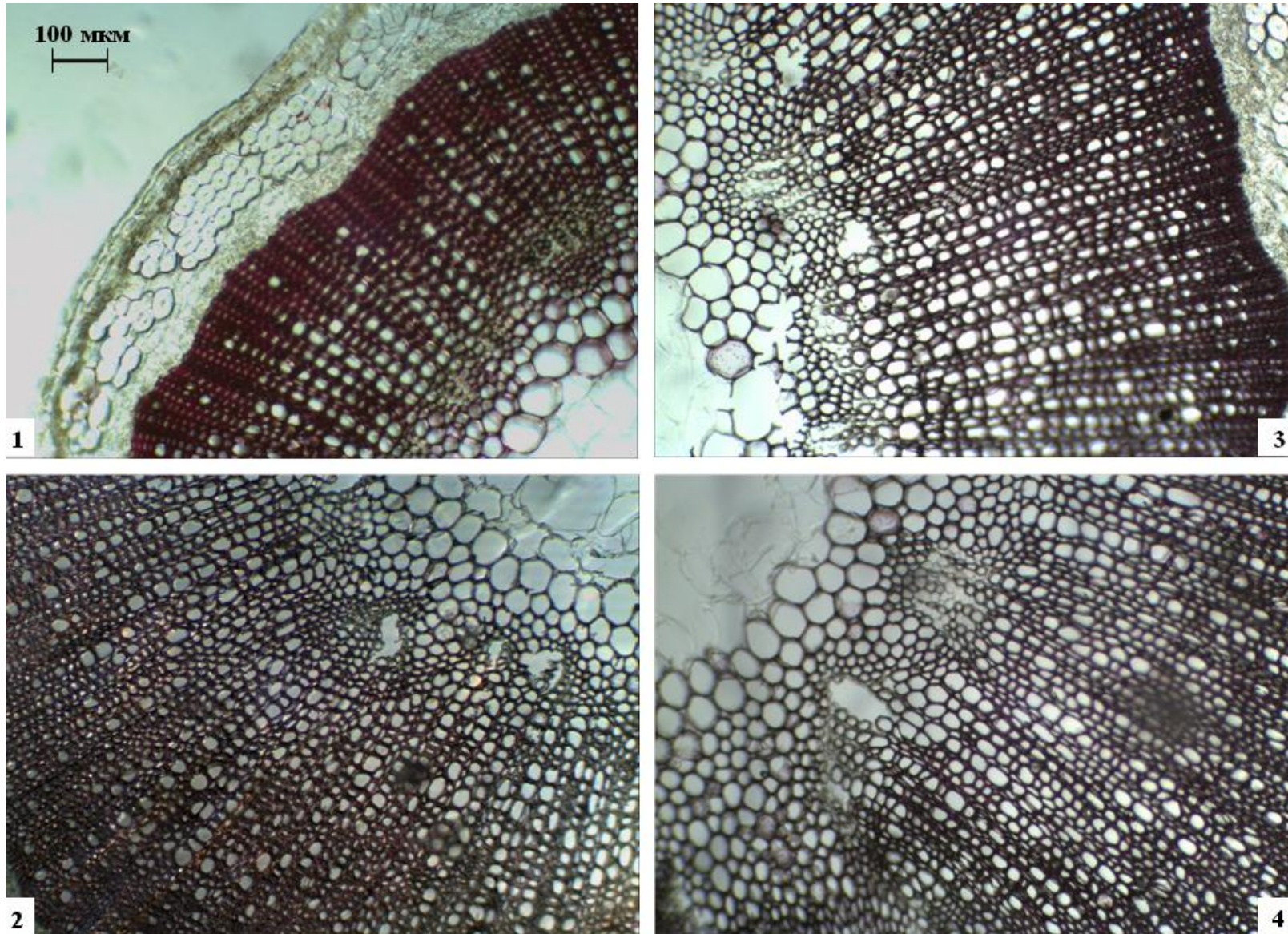


Рисунок 1. Вплив регуляторів росту на ксилему стебла рослин льону олійного сорту Орфей. 1 – контроль, 2 – хлормекватхлорид, 3 – трептолем, 4 – суміш.

Встановлено, що зміни інтенсивності ростових процесів за дії регуляторів росту супроводжувалися посиленням накопичення маси сухої речовини. Маса сухої речовини листків найбільш інтенсивно накопичувалася під впливом трептолему. Так, на початкових етапах дослідження маса сухої речовини листків за дії трептолему становила 0,41-0,43 г проти 0,31-0,36 г в контролі. В кінці вегетації маса сухої речовини стебла дослідних рослин становила 1,7-1,8 г, тоді як в контролі – 1,4-1,5 г. Маса сухої речовини стебла найбільше зростала при використанні хлормекватхлориду та в суміші зі стимулятором, що пов'язано з формуванням більш потужної механічної та провідної тканин. Максимальна маса сухої речовини плодів відмічалася в кінці вегетації у всіх варіантах досліджу. Найвищі значення даного показника відмічалися під впливом ретарданту – 2,7-2,8 г, а також суміші регуляторів росту – 2,5-2,6 г, проти 2,0-2,1 г в контролі.

Характер фотосинтетичного процесу та субстратне забезпечення ростових процесів великою мірою визначається анатомо-морфологічними особливостями листка [43, 45, 57]. Нами встановлено, що під впливом регуляторів росту збільшувалася товщина листків (табл. 2). Потовщення листкової пластинки відбувалося за рахунок збільшення розмірів і об'єму клітин стовпчастої паренхіми листка у 1,4-1,5 рази. 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% 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.

Таблиця 2

Мезоструктурна організація листка рослин льону олійного сорту Орфей за дії регуляторів росту (середні дані)

Показник \ Варіант досліджу	Контроль (вода)	Хлормекват-хлорид	Трептолем	Суміш
Товщина листкової пластинки, мкм	144,7±1,49	170,7±3,4*	170,3±2,1*	182,5±3,2*
<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 ³	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 ³	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±,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 ³	30,7±1,4	37,1±1,6*	38,9±1,6*	37,8±1,7*

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

Відомо, що синтетичні регулятори росту рослин, впливаючи на процеси росту та розвитку, діють на окремі ланки метаболізму рослинних клітин, що спричинює зміни у функціонуванні фотосинтетичного апарату, в активності білкового і вуглеводного обміну, інтенсивності дихання [13, 22, 26, 34, 39, 40, 47, 50, 59, 69]. При цьому відбувається перерозподіл потоків асимілятів у бік господарсько цінних органів, що призводить до зростання продуктивності культури, а також збільшення вмісту резервних сполук у насінні [1, 19, 21, 35, 52, 54, 56]. Сучасні літературні

джерела містять значну кількість даних щодо покращення врожайності зернових, овочевих, технічних, плодово-ягідних культур за дії регуляторів росту рослин [4, 5, 18, 23, 25, 33, 41, 48, 63, 67, 68].

Результати наших досліджень свідчать, що застосування ретарданту хлормекватхлориду, стимулятора розвитку трептолему та їх суміші зумовлювало зростання врожайності льону олійного (табл. 3).

Таблиця 3

**Вплив регуляторів росту на продуктивність рослин
льону олійного, т/га (середні дані)**

Варіант досліджу	Сорт Дебют	Сорт Орфей
Контроль (вода)	1,82±0,05	1,88±0,06
Хлормекватхлорид	2,08±0,04*	2,13±0,05*
Трептолем	1,89±0,06	1,95±0,05*
Суміш	2,07±0,05*	2,03±0,05*

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

Вплив препаратів на продуктивність льону виявився у змінах структури врожаю. Застосування хлормекватхлориду призводить до блокування синтезу гіберелінів і часткового зняття ефекту апікального домінування, внаслідок чого відбувається посилення галуження стебла і закладка більшої кількості коробочок. Так, за дії ретарданту даний показник в середньому зростав на 35-39% порівняно з контролем, при застосуванні суміші регуляторів росту – на 22-31%. У всіх варіантах досліджу маса 1000 насінин збільшувалася на 2,3-4,1%. Маса насіння з однієї рослини найбільш суттєво змінювалася при обробці хлормекватхлоридом – на 0,4-1,3 г, а також у суміші з трептолемом – на 0,5-0,9 г, тоді як 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. 3).

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 катонізоване, бавовноподібне волокно, для виробництва змішаних льнобавовняних тканин, медичної вати [12, 28, 67]. Під впливом трептолему посилюється ріст рослин льону, збільшується довжина стебла. Разом з цим, за дії стимулятора утворюється більш тонке волокно порівняно з рослинами, обробленими ретардантом. Таким чином, застосування препарату призводить до подвійного позитивного ефекту – збільшення врожаю при одночасному покращенні якості волокна.

Продуктивність льону олійного під впливом регуляторів росту зростала. Так, обробка посівів льону трептолемом призводила до стабільного по роках зростання врожайності на 2,7-4,1% для обох сортів. Максимальне збільшення врожайності насіння льону відмічалось за дії ретарданту і становило на 11-15% більше, ніж в контролі. Під впливом суміші регуляторів росту врожай підвищувався на 8-20% порівняно з контролем.

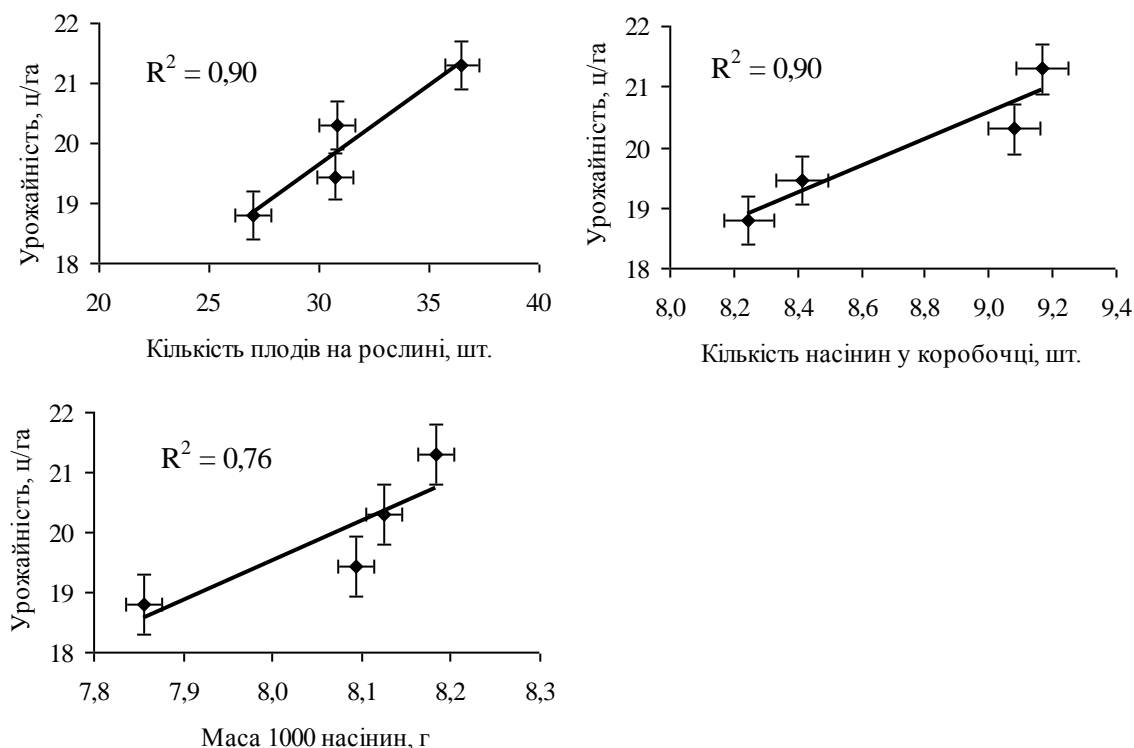


Рисунок 3. Залежність між структурними елементами та врожайністю льону олійного сорту Орфей (середні дані).

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, нікотинова і пантотенова кислоти, біотин, фолієва кислота, токофероли [10, 12, 62, 65]. 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 [38, 66]. 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 [27].

Зважаючи на широке застосування льонопродукції в народному господарстві та можливість впливу на накопичення резервних сполук у насінні за допомогою внесення регуляторів росту рослин, 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. 4).

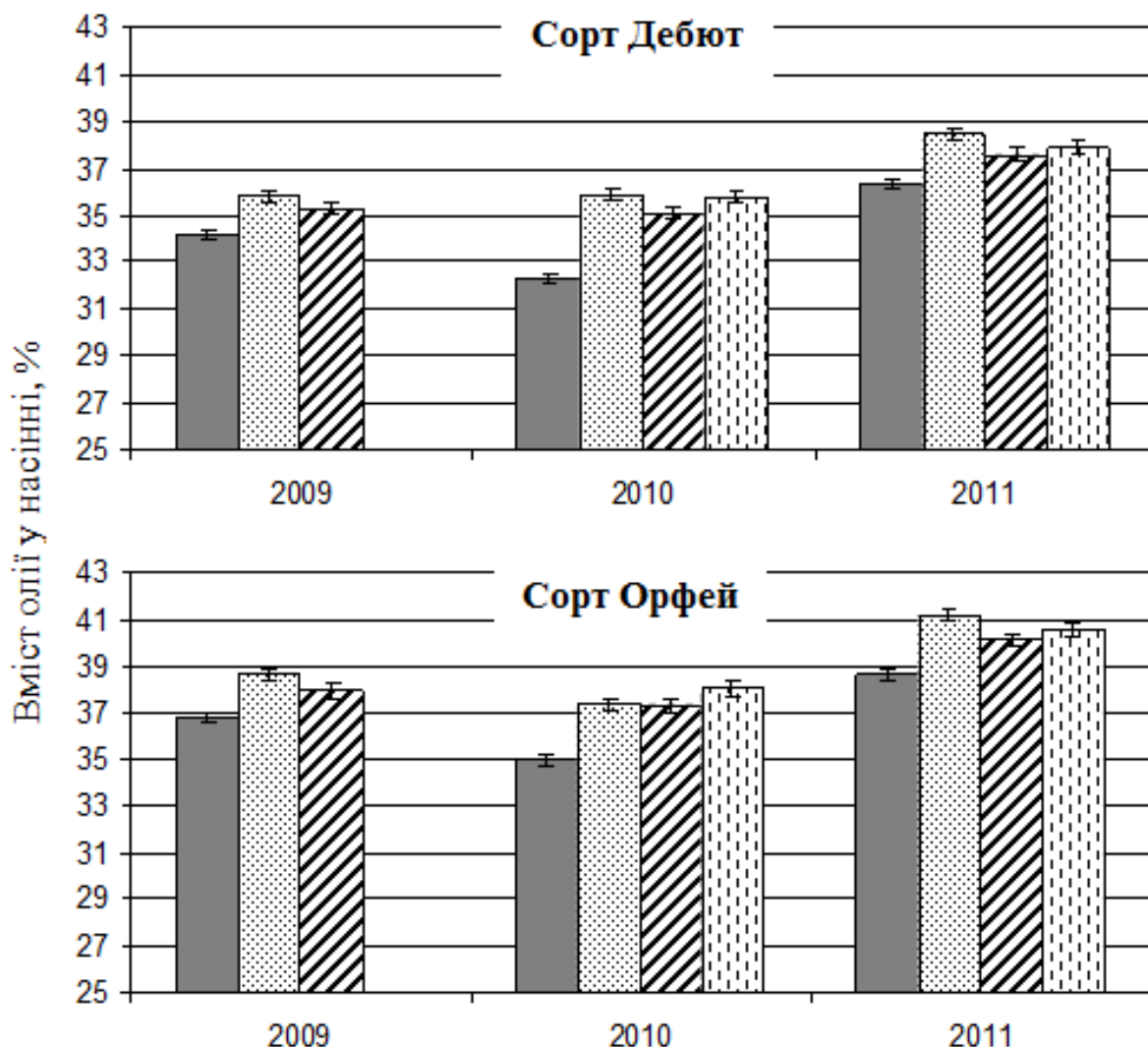


Рисунок 4. Вплив регуляторів росту на вміст олії в насінні льону.

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

■ - контроль, ▨ - хлормекватхлорид, ▩ - трептолем, ▤ - суміш

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.

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 [9, 17, 25, 51, 60]. Встановлено, що залишкова кількість хлормекватхлориду в насінні не перевищує допустимі концентрації (0,1 мг/кг) і становить 0,042 мг/кг. Залишковий вміст трептолему в насінні льону становить 0,0073 мг/кг, що не перевищує норми (0,03 мг/кг).

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 [29].

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. Сучасна технологія вирощування льону олійного передбачає механізацію усіх процесів, використання високоврожайних сортів, створення оптимального водного режиму та мінерального живлення.

Результати економічного та енергетичного аналізу свідчать про підвищення економічної і біоенергетичної ефективності вирощування льону олійного при застосуванні регуляторів росту рослин. Підвищення врожайності насіння льону олійного за обробки посівів розчином хлормекватхлориду, трептолему та їх суміші супроводжувалося зниженням собівартості насіння і зростанням прибутку. При цьому підвищувався рівень рентабельності виробництва насіння льону олійного. 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 та збільшення рівня рентабельності на 28,5% відносно контролю. 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 рівень рентабельності зростав на 27,1%

Дослідження і розрахунок економічної ефективності технологій вирощування

сільськогосподарських культур ускладнюється нестабільністю цін на засоби виробництва та готову продукцію рослинництва. Енергетична оцінка дозволяє знівелювати коливання цінової політики та отримати більш об'єктивну характеристику технологічних процесів [29].

Застосування регуляторів росту при вирощуванні льону олійного зумовлює приріст енергії з отриманою прибавкою урожаю. Найвищий вміст енергії, що акумулюється в льонопродукції, відмічався при використанні хлормекватхлориду та суміші ретарданту з трептоломом. Так, за обробки рослин льону ретардантом приріст отриманої енергії становив в середньому 8116 МДж/га, сумішшю регуляторів росту – 7761 МДж/га. Трептолом призводив до збільшення кількості акумульованої енергії середньому на 3784 МДж/га. Досліджувані фактори – використання регуляторів росту рослин, мають досить високий енергетичний еквівалент. Так, 1 кг регуляторів росту містить 209,3 МДж енергії. Тому при внесенні препаратів енерговитрати зростають.

Енергетичний аналіз технологій виробництва сільськогосподарських культур передбачає встановлення енергетичної ціни врожаю – коефіцієнту енергетичної ефективності. Даний показник мав найвищі значення при обробці посівів льону обох сортів розчином хлормекватхлориду, а також у суміші з трептоломом і становив 2,71-2,73.

Висновки. Таким чином, ретардант хлормекватхлорид, комплексний стимулятор росту трептолом, а також їх суміш позитивно впливають на формування фотосинтетичного апарату, змінюють характер донорно-акцепторних відносин у рослин льону олійного, наслідком чого є збільшення продуктивності культури та олійності насіння. Врожайність насіння льону олійного зростала за рахунок збільшення числа коробочок на рослині, кількості насінин у плодах та маси насіння. Застосування вказаних регуляторів росту при вирощуванні льону олійного є економічно доцільним та підвищує біоенергетичну ефективність виробництва льонопродукції.

Література:

1. Анішин Л.А. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню / Л.А. Анішин, С.П. Пономаренко, З.М. Грицаєнко – К., 2011. – 40 с.
2. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І Б.]. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. – 352 с.
3. Голунова Л.А. Анатомо-морфологічні особливості рослин сої за комплексної дії *bradyrhizobium japonicum* і ретардантів / В.Г. Кур'ята, Л.А. Голунова // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: біологія. – 2012.– №3 (52).– С. 79–83.
4. Голунова Л.А. Дія хлормекватхлориду на продуктивність та якість насіння *Glycine max L.* / Л.А. Голунова // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2015. – №1. (62) – 206 с. – С. 66-71.
5. Гуляев Б.І. Вплив хлормекватхлориду та естерону на засвоєння цукровим буряком елементів мінерального живлення / Б.І. Гуляев, А.Б. Карлова, Д.А. Кірізіт // Физиология и биохимия культ. растений. – 2007. – Т. 39, № 5. – С. 401-408.
6. Дія паклобутразолу на активність гіберелінів і вміст абсцизової кислоти в листках деяких сільськогосподарських рослин / В.Г. Кур'ята, В.А. Негрецький, В.В. Рогач, Л.А.

- Голунова, С.В. Мазніченко, Б.І. Гуляєв // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005. – Т. 37, № 5. – С. 452-458.
7. 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.
 8. Дрозд О.М. Технології вирощування льону олійного / О.М. Дрозд // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 7. – С. 24-26.
 9. 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.
 10. 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.
 11. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
 12. 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.
 13. Кур'ята В.Г. Фізіолого-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.
 14. Кур'ята В.Г. Воздействие ретардантов на ассимиляционный аппарат, морфогенез и рост растений / В.Г. Кур'ята, Б.И. Гуляев // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999. – Т. 31, № 1. – С. 3-12.
 15. 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 культурных растений. - 2002. - Т. 34, № 4. - С. 305-310.
 16. Кур'ята В. Г. Дія паклобутразолу і декстрелу на анатомічну будову листків картоплі / В. Г. Кур'ята, О. О. Ткачук // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2002. – №2 (17). – С. 63-66.
 17. 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.
 18. Кур'ята В.Г. Вплив ретардантів на насінневу продуктивність і якість насіння цукрового буряка при висадковому способі вирощування / В. Г. Кур'ята, О. А. Шевчук // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія. – Харків. – 2003. – № 5 (3). – С. 101-106.
 19. Кур'ята В.Г. Якісний склад насіння сої за дії ретардантів / В.Г. Кур'ята, Л.А. Голунова // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: біологія, 2009. – № 4 (41). – С. 96 – 100.
 20. Кур'ята В.Г. Ретарданти – модифікатори гормонального статусу рослин / В.Г. Кур'ята // Физиология растений: проблемы 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. 565-587.
 21. Кур'ята В. Г. Морфофізіологічні зміни в рослин *Helianthus annuus* під впливом хлормекватхлориду / В.Г. Кур'ята, Т.І. Рогач // Вісник Запорізького національного університету : зб. наук. праць. Біологічні науки. – Запоріжжя : ЗНУ, 2009. – № 2. – С. 151-155.
 22. Кур'ята В.Г. Ефективність системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за дії паклобутразолу / В.Г. Кур'ята, Л.А. Голунова, С.К. Береговенко // Физиология і біохімія культурних

- рослин, 2010.– 42. № 3. – С. 218 – 224.
23. Кур'ята В.Г. Вплив хлормекватхлориду на формування симбіотичної системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* / В.Г. Кур'ята, Л.А. Голунова // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: біологія. – 2011.– №3 (48).– С. 79 – 83.
 24. Кур'ята В. Г. Потужність фотосинтетичного апарату та насіннева продуктивність маку олійного за дії ретарданту фолікуру / В. Г. Кур'ята, С. В. Поливаний // Физиология растений и генетика. – 2015. – Т. 47, № 4. – С. 313–320.
 25. Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи застосування ретардантів на олійних культурах / В.Г. Кур'ята, І.В. Попроцька // Физиология растений и генетика. – 2016. – 48, №6. – С. 475–487.
 26. 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.
 27. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – К.: Центр навч. літератури, 2004. – 808 с.
 28. 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.
 29. Медведовський О.К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О.К. Медведовський, П.І. Іваненко. – К.: Урожай, 1988. – 208 с.
 30. Мокронос А.Т. Фотосинтез. Физиолого-биохимические и экологические аспекты / А.Т. Мокронос, В.Ф. Гавриленко. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1992. – 320 с.
 31. 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.
 32. Пономаренко С.П. Біостимуляція в рослинництві – український прорив / С.П. Пономаренко // Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування: зб. наук. праць УДАУ. – Умань, 2008. – С.44-51.
 33. Поливаний С. В. Дія трептолему на насінневу продуктивність і якісні характеристики олії маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2012. – №4.(53) – 154 с. – С. 84-87.
 34. Поливаний С. В. Вплив суміші трептолему і хлормекватхлориду на продуктивність і якість продукції маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Агробіологія: Збірник наукових праць / Білоцерків. нац.. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2013. – Вип. 10(100).- 191 с. – 103-106 с.
 35. Поливаний С. В. Вплив суміші регуляторів росту на якість продукції маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Вісник вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 3. – 154 с. – с. 37-41.
 36. Поливаний С. В. Дія трептолему на морфогенез, продуктивність та якісні характеристики маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Агробіологія: Збірник наукових праць / Білоцерків. нац.. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2015. – Вип. 1(117).- 130 с. – 65-72 с.
 37. Поливаний С. В. Дія емістиму С на морфогенез та насінневу продуктивність маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2015. – №1. (62) – 206 с. – С. 117-124.
 38. Полякова І. Ресурси льону олійного в Україні / І. Полякова, О. Поляков // Пропозиція. – 2008. – № 5. – С. 52-53.

39. 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.
40. Рогач В.В. Накопичення і перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин ріпаку в онтогенезі за дії хлормекватхлориду / В.В. Рогач // Агробіологія – 2010. – Випуск 4 (80). – С.45-50.
41. Рогач В. В. Вплив хлормекватхлориду на продуктивність та якість продукції озимого ріпаку / В. В. Рогач // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Сільськогосподарські науки – 2011. – Випуск 8 (48). – С. 43-49.
42. Рогач В. В. Вплив хлормекватхлориду на морфогенез та продуктивність озимого ріпаку/ В. В. Рогач // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія : Біологія. – 2011. – № 4 (49). – С. 70-76.
43. Рогач В.В. Дія ретардантів на морфофізіологічні показники, продуктивність та період спокою картоплі / В. В. Рогач, І. В. Попроцька, Т. І. Рогач, В. Г. Кур'ята // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 1. – С. 51-54. ріст, листовий апарат, площа, мезоструктура, урожай
44. Рогач В. В. Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфофізіологічні характеристики та біологічну продуктивність культури картоплі / В. В. Рогач, Т. І. Рогач // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. – 2015. – Т. 23 (2). – С. 221-224.
45. Рогач В.В. Дія ретардантів на морфофізіологічні показники, продуктивність та період спокою картоплі / В.В.Рогач, І.В. Попроцька, Т.І. Рогач, В.Г. Кур'ята // Bulletin of Kharkov National Agrarian University. Ser. Biology. – 2015. – 3 (12). – P. 6-26
46. Рогач В.В. Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі / В.В. Рогач, І.В. Попроцька, В.Г. Кур'ята // Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology. – 2016. - 24(2). – С. 416–419.
47. Рогач В. В. Динаміка накопичення і перерозподілу різних форм вуглеводів в органах рослин томатів за дії регуляторів росту/ В. В. Рогач // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія : Біологія. – 2017. – № 1 (68). – С. 70-76.
48. Рогач В. В. Вплив рістстимуляторів Вітазиму та 6-бензиламінопурину на морфогенез та продуктивність перцю солодкого/ В. В. Рогач, О.В. Кушнір, В.В. Плотніков // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2017. – Вип. 1 (92) С. 111-118.
49. Ткачук О. О. Вплив паклобутразолу на анатомо-морфологічні показники рослин картоплі / О. О. Ткачук // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2015. – № 2. – С. 47-50.
50. Ткачук О.О. Вплив ретардантів на вміст різних форм вуглеводів в органах картоплі / О. О. Ткачук // Агробіологія. – № 11, Біла церква, 2013. – С. 94 – 97.
51. Ткачук О. О. Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин / О. О. Ткачук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – №3 (114), 2014. – С. 41-44.
52. Ткачук О. О. Вплив паклобутразолу на вміст вуглеводів у рослинах картоплі / О. О. Ткачук // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2015. – №1. – С. 144-147.
53. Шевчук О. А. Дія ретардантів на морфогенез, газообмін і продуктивність цукрових буряків : автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.12 / О. А. Шевчук. – К., 2002. – 20 с.
54. Шевчук О. А. Накопичення та перерозподіл елементів мінерального живлення у вегетативних органах рослин цукрового буряка за дії ретардантів / О. А. Шевчук, В. Г. Кур'ята // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2007. – вип. 32. – С. 18-26.
55. Шевчук О. А. Вплив паклобутразолу на активність гіберелінів і вміст різних форм абсцизової кислоти у листках цукрового буряка / О. А. Шевчук, В. Г. Кур'ята // Вісник

- Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія, - Вип. 1 (10). – 2007. – С. 71-75.
56. Шевчук О. А. Накопичення та перерозподіл вуглеводів у вегетативних органах рослин цукрового буряка / О. А. Шевчук // Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. – Луганськ. – 2008. – №14 (153). – С. 131-136.
 57. Шевчук О. А. Вплив паклобутразолу на активність гіберелінів, вміст різних форм абсцизової кислоти та накопичення азоту в органах рослин цукрового буряка / О. А. Шевчук // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2008. – 2 (36). – С. 37-42.
 58. Шевчук О. А. Особливості насінневої продуктивності рослин цукрового буряка при обробці квітконосних пагонів ретардантами / О. А. Шевчук, В. Г. Кур'ята // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2008. – 2 (36). – С. 42-46.
 59. Шевчук О. А. Дія ретардантів на накопичення та перерозподіл вуглеводів у вегетативних органах рослин цукрового буряка / О. А. Шевчук // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2008. – Вип. 35. – С. 86-93.
 60. Шевчук О. А. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту у рослинництві / О. А. Шевчук, О. О. Кришталь, В. В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : ВНТУ. – 2014. – №1(112). – С. 34-39.
 61. 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.
 62. Bhatti R.S. Flaxseed in Human Nutrition. Ed. by S. C. / R.S. Bhatti – Cunnane and L. U. Thompson. AOSC Press. Champaign, IL. – 1995. – P. 22–42.
 63. Budzyński W. The influence of triapentenol used in spring on winter rape lodging and yield / W. Budzyński, T. Ojczyk // Rostl. vyroba. – 1995. –Vol. 41, № 6. – P. 269-274.
 64. Cook Sarah K. Evaluation of FD4121A as a growth regulator for linseed / Sarah K. Cook // Ann. Appl. Biol. – 1992. – 120, Suppl. – P. 66-67.
 65. 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.
 66. 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.
 67. 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.
 68. 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.
 69. Poprotska I. V. The 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.
 70. 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.