



УДК 582.675.5: 661.162.65/66

ВПЛИВ ХЛОРМЕКВАТХЛОРИДУ НА РОСЛИНИ РОДИНИ ХРЕСТОЦВІТІ

Поливаний С.В. к.б.н., доцент
Orcid: 0000-0001-8457-8894
E-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

Поливана А.С. к. пед.н.
Orcid: 0000-0002-5019-7989
E-mail: alina.polivana@ukr.net

Гуменюк І., магістрант
E-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

Рогач В. В. к.б.н., доцент
E-mail: rogachy@ukr.net
Orcid: 0000-0002-8916-8349

Вивчено вплив ретарданту хлормекватхлориду на продуктивність, анатомічні, морфологічні особливості та функціонування листкового апарату олійних культур. Застосування препарату в період бутонізації призводило до збільшення кількості плодів на рослинах. Застосування хлормекватхлориду сприяло збільшенню кількості, площі листкової поверхні рослин гірчиці білої. В основі таких змін було посилене галуження стебла за дії препарату. Підсилення донорної функції рослин під впливом хлормекватхлориду відбувалося також внаслідок мезоструктурних змін в листках - формувався більш потужний шар хлоренхіми, зростали лінійні розміри хлоренхімних клітин. Покращення фітометричних і мезоструктурних показників листків за дії хлормекватхлориду сприяло посиленню фотосинтетичної активності листкового апарату. За дії ретарданту відбувався перерозподіл фотоасимілятів з вегетативного росту на потреби карпогенезу, що забезпечувало зростання урожайності та якості продукції.

Ключові слова: гірчиця біла, регулятори росту рослин, хлормекватхлорид, морфогенез, мезоструктура листків, продуктивність.

The influence of chlormequat chloride retardant on productivity, anatomical, morphological features and functioning of the leaf apparatus of oilseeds has been studied. The use of the drug during budding led to an increase in the number of fruits on plants. The use of chlormequat chloride contributed to an increase in the number and leaf surface area of white mustard plants. At the heart of such changes was enhanced branching of the stem under the action of the drug. Enhancement of the donor function of plants under the influence of chlormequat chloride also occurred due to mesostructural changes in the leaves - a stronger layer of chlorenchyma was formed, the linear size of chlorenchymal cells increased. The improvement of phytometric and mesostructural parameters of leaves under the action of chlormequat chloride contributed to the strengthening of photosynthetic activity of the leaf apparatus. Under the action of the retardant there was a redistribution of photoassimilates from vegetative growth to the needs of carpogenesis, which provided an increase in yield and product quality.

Key words: mustard white, winter rape, plant growth regulators, chlormequat chloride, morphogenesis, mesostructure of leaves, productivity.

Вступ. Вступ. Одним з перспективних підходів у вирішенні питань спрямованої регуляції росту і розвитку, перерозподілу потоків фотоасимілятів з вегетативного росту на потреби формування плодів і насіння є корекція донорно – акцепторних відносин рослини (концепція “source-sink”), яка забезпечується



різними регуляторними механізмами [5, 23]. Ця концепція застосовується для аналізу як гетеротрофної фази росту (проростання насіння за дії світла і в темряві, під впливом різних класів фітогормонів або абіотичних факторів середовища, так і при аналізі співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і росту, де фотосинтез виступає як основний донор, а ріст - як основний акцептор асимілятів [7, 40]. Співвідношення між донорною та акцепторною сферами рослини можна штучно змінити, посилюючи або послаблюючи інтенсивність фотосинтезу та росту шляхом морфологічних змін - формуванням потужної листової поверхні та ефективної мезоструктури [44, 45, 48], прискоренням темпів формування фотосинтетичного апарату і продовження тривалості життя листків, як основного донору асимілятів [5, 32] З іншого боку, ефективність функціонування цієї системи залежить від потужності акцепторних центрів, формування «запиту» на асиміляти [5, 24].

Одним із найпотужніших акцепторів продуктів фотосинтезу є зони росту рослини та процеси формування і росту плодів (карпогенез) [7]. Збільшення кількості плодів призводить до підвищення атрагувальної здатності цих зон, і відповідний перерозподіл потоків асимілятів з вегетативного росту на формування і ріст плодів. Для зміни інтенсивності росту окремих органів (а значить і їх акцепторного потенціалу) широко застосовується обробка екзогенними гормонами і регуляторами росту, що дозволяє моделювати різний ступінь напруження в системі «донор – акцептор» [20, 29]. Оскільки регулятори росту рослин суттєво впливають на морфогенез, з'являється можливість встановити, через які анатомо - морфологічні та фізіологічні зміни посилюється або послаблюється транспорт потоків асимілятів до різних органів і тканин рослини. Такий підхід дозволяє встановити не лише перерозподіл продуктів фотосинтезу між вегетативними та генеративними органами рослини, але й мінеральних елементів між ними при різній швидкості росту.

Однією з найбільш поширених груп синтетичних регуляторів росту рослин є ретарданти. Це синтетичні речовини, які застосовуються для інгібування ростових процесів [29, 37, 50], прискорення переходу до стану спокою [7], підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища [21, 26]. Ці препарати значно відрізняються за своєю хімічною будовою, однак викликають один і той же ефект - уповільнюють поділ і розтягування клітин, що призводить до гальмування росту в цілому, не викликаючи аномальних відхилень. При достатній активності асиміляційного апарату штучне обмеження росту вегетативних органів під впливом ретардантів призводить до перерозподілу асимілятів в бік формування плоду, внаслідок чого часто підвищується урожайність та покращується якість сільськогосподарських культур [20, 28, 38, 41]. Разом з тим, питання про фізіологічні механізми координації уповільнення росту і підвищення продуктивності рослин за дії ретардантів вивчено недостатньо. Відомо, що фізіологічний ефект дії препаратів цієї групи здійснюється або через блокування синтезу гіберелінів в рослині, або блокуванням утворення гормон - рецепторного комплексу, внаслідок чого не



реалізується дія вже синтезованого гібереліну [43]. Типовим представником ретардантів першої групи є хлормекватхлорид (ССС) – хлоретилтриметиламонійний - хлорид $[Cl-CH_2-CH_2N(CH_3)_3]^+Cl^-$, який отримують шляхом взаємодії дихлоретану з триметиламіном в одну стадію під тиском при температурі 80-90⁰С. Препарат малотоксичний, не виявляє канцерогенних та бластомогенних властивостей, не акумулюється, не розкладається в організмі і через 48 годин виводиться з нього, чим і визначається його широке використання в рослинництві. Антигіберелінова дія цього препарату пов'язана з інгібуванням активності ент-каурен-синтази при утворенні копаліпірофосфату з геранілгераніолдифосфату в процесі синтезу гіберелінів [7]. Разом з тим, особливості впливу хлормекватхлориду на морфологічні, мезоструктурні та фізіолого - біохімічні складові донорно - акцепторної системи сільськогосподарських рослин вивчені недостатньо. Нечисельними і суперечливими є дані про вплив цього та інших ретардантів на морфогенез та продуктивність олійних культур [31, 39, 42]. В зв'язку з цим метою даного дослідження було з'ясувати дію хлормекватхлориду на морфогенез, особливості формування та функціонування донорно - акцепторних відносин у олійних культур.

Матеріал та методи. Досліди проводили на рослинах рекомендованого для зон Лісостепу, Степу та Полісся України гірчиці білої сорту Ослава та ріпаку ярого сорту Галицький в умовах Вінницької області. Площі ділянок - 10м², повторність дослідів п'ятикратна, ділянки розміщені рендомізовано. Рослини одноразово обробляли вранці у фазу бутонізації водним розчином хлормекватхлориду концентрацією 0,5%-ї концентрації до повного змочування листків за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2, контрольні рослини - водопровідною водою.

Сорт гірчиці білої Ослава створений методом індивідуально – сімейного добору з сорту Кароліна на фоні пізньовесняних строків сівби. Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2011 року. Оригінація сорту Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Рекомендується для використання як кормова, технічна та сидеральна культура. Характеризується підвищеною кормовою та насінневою продуктивністю. Вегетаційний період до укісної стиглості – 40-45 днів, до збирання насіння – 85-95 днів. Урожай сухої речовини – 6,0- 6,5 т/га, насіння – 2,8-3,0 т/га. Вміст у сухій речовині сирого протеїну – 18-19%, клітковини – 21-22%. Вміст в сухій речовині насіння: олія – 26 – 28 %, сирого протеїну – 28 – 30 %. Сорт пристосований до механізованого збору.

Сорт ріпаку озимого Галицький виведений в Інституті хрестоцвітих культур УААН (м. Івано-Франківськ). Занесений до Державного Реєстру сортів рослин України (1997 р.). Урожайність 18-35 ц/га. Придатний для одержання харчової олії, вихід якої 42-44%. Ріпак також вирощують з метою використання його зеленої маси на корм тваринам. Її урожайність становить 440 ц/га. Сорт ранньостиглий, вегетаційний період 300-305 днів. Рослини заввишки 140-145 см. Кущ



напівзімкнений. Стебло діаметром 0,5-2,5 мм з легким антоціановим забарвленням, неопушене. Листки гладенькі, ліроподібні, пірчасто-розсічені, неопушені. Суцвіття – рихла китиця, квітки світло-жовті. Насіння кулеподібне темно-коричневе. Кожна рослина утворює до 420-450 стручків і дає близько 50 г насіння темно-коричневого кольору. Стручок містить до 50 насінин. Маса 1000 насінин 4,5-5,0 г.

Фітометричні показники визначали на 20 рослинах кожні 10 днів у кожен фазу розвитку. Площу листків визначали ваговим методом [3]. 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. Визначення розмірів клітин і окремих тканин здійснювали за допомогою окулярного мікрометра МОВ-1-15х. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацеруючий агент було обрано 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 моль/л соляної кислоти [8].

Загальний вміст олії в насінні визначали шляхом екстракції в апараті Сокслета. В якості органічного розчинника використовували петролейний ефір з температурою кипіння 40-65°C [12]. У зразках виділеної олії визначали її якісні характеристики: кислотне число, йодне число та число омилення за загально прийнятими методиками [10]. Кількісний вміст та якісний склад насичених і ненасичених жирних кислот визначали методом високоефективної газорідної хроматографії на хроматографі “Хром-5” (Чехія).

Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6». В таблицях та рисунках подані середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати та їх обговорення. Відомо, що регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу і ростової функції, причому будь-які природні або експериментальні зміни швидкості ростових процесів супроводжуються адекватною перебудовою фотосинтетичного апарату [5]. Застосування регуляторів росту дозволяє впливати на морфометричні показники частин рослинного організму, внаслідок чого можливий перерозподіл потоків асимілятів до господарсько-важливих тканин і органів [8]. Одним із важливих морфометричних показників рослини є її лінійні розміри. Літературні джерела містять достатню кількість інформації про вплив інгібіторів росту на ріст рослин, його тривалість та інтенсивність у різних сільськогосподарських культур [6]. На біометричні показники рослин впливають і інгібітори росту. Один із ретардантів, що найбільш застосовується з групи амонієвих сполук, ССС, гальмував ріст томатів сої [2], картоплі [15, 16], соняшнику [30].

В літературі представлені роботи, що містять інформацію про вплив регуляторів росту на лінійні розміри олійних культур однак вони носять суперечливий характер [34, 37]. Тому одним із завдань роботи було вивчити вплив четвертинної амонієвої солі на морфометричні та анатомічні характеристики рослин гірчиці та ріпаку. За результатами наших досліджень встановлено, що інгібітор



росту рослин з антигібереліновим механізмом дії – хлормекватхлорид суттєво гальмував ріст рослин досліджуваних культур, що є типовою реакцією рослин на вплив ретардантів (рис. 1).

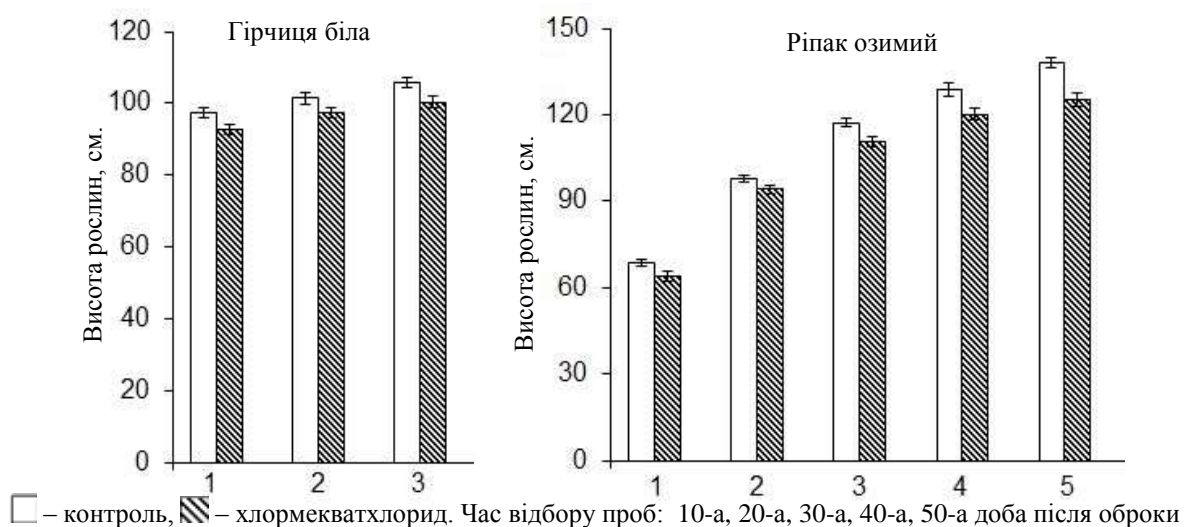


Рис. 1. Вплив хлормекватхлориду на висоту рослин ріпаку ярого, гірчиці білої.

Для переважної більшості сільськогосподарських культур польової сівозміни характерним є вилягання посівів. У літературі зустрічається достатня кількість інформації про застосування антигіберелінів з метою запобігання вилягання сільськогосподарських культур, переважно злакових [13]. Ця проблема є актуальною і для олійних культур, у тому числі ріпаку і гірчиці.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що застосування інгібітора росту призводило до потовщення стебла дослідних рослин (рис. 2). Найбільш суттєво діаметр стебла збільшувався при застосуванні хлормекватхлориду на кінець вегетації на культурі гірчиці білої в середньому на 27 %.

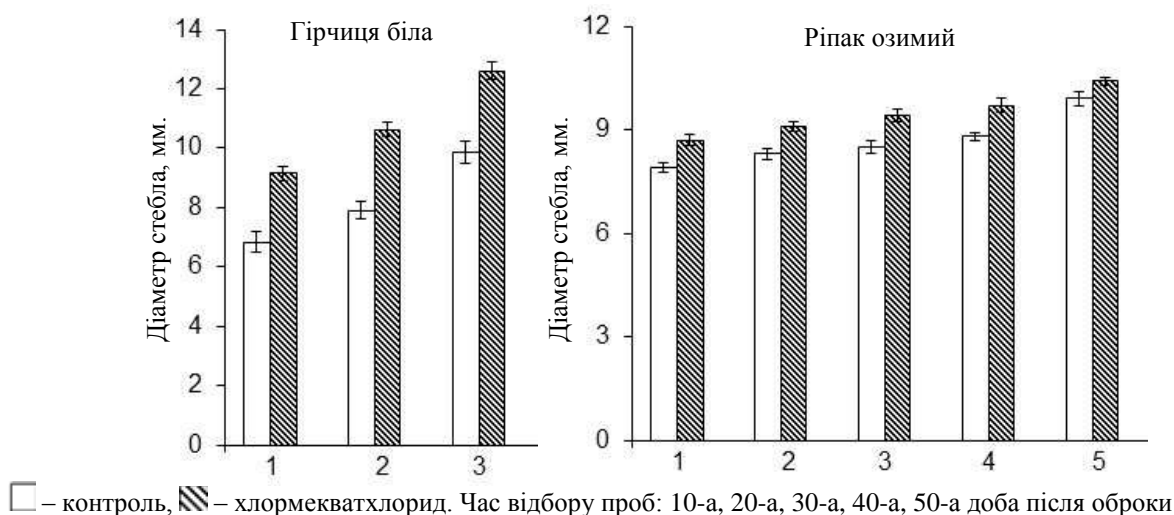


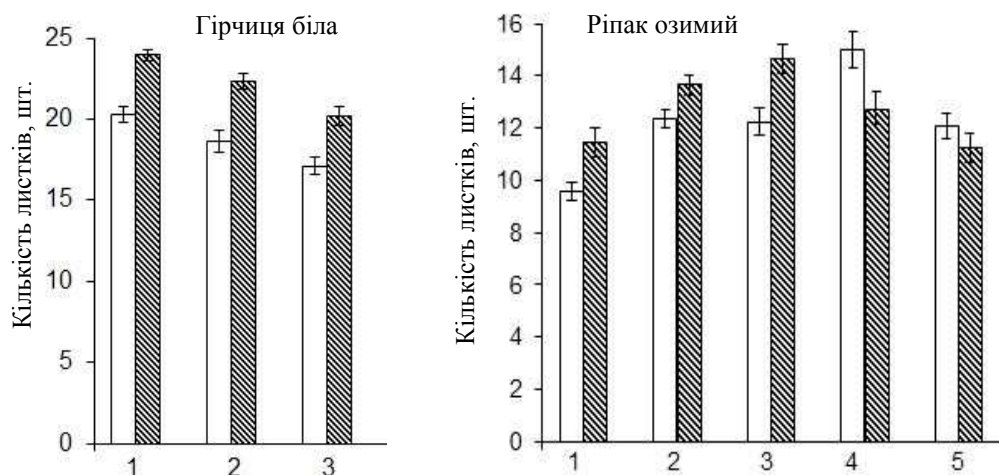
Рис. 2. Вплив хлормекватхлориду на діаметр стебла рослин гірчиці, ріпаку

Відомо що продукційний процес рослин значною мірою визначається особливостями формування розвитку листкового апарату [4, 5]. В зв'язку з цим, на



нашу думку, абсолютно необхідно було встановити особливості формування листкової поверхні рослин ріпаку та гірчиці за дії антигіберелінового препарату.

Отримані результати свідчать, що відмічалась суттєва різниця у кількості листків, їх площі між рослинами дослідного варіанту і контролем. На кінець всього періоду вегетації під впливом регулятора росту кількість листків в рослин гірчиці у дослідному варіанті була більшою ніж в контролі (рис. 3.).



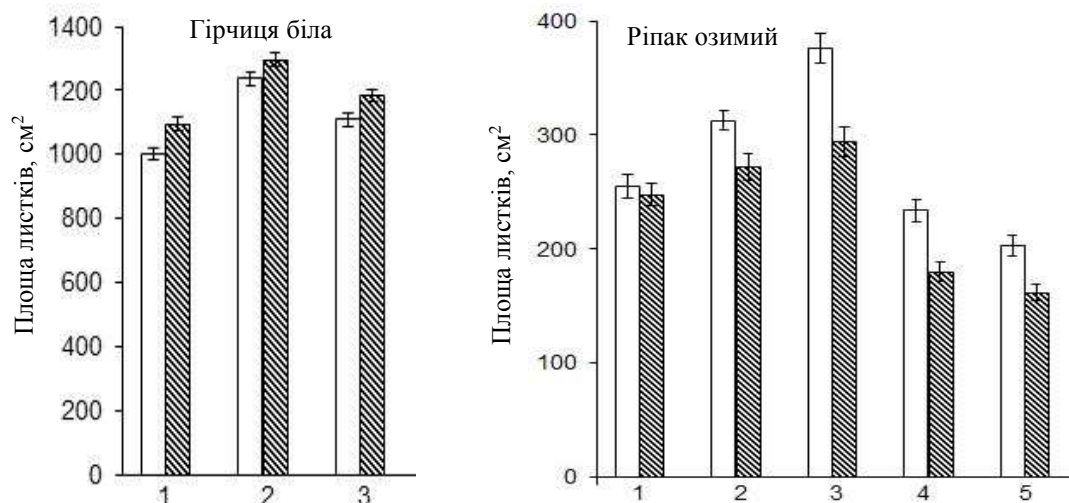
□ – контроль, ▨ – хлормекватхлорид. Час відбору проб: 10-а, 20-а, 30-а, 40-а, 50-а доба після оброки.

Рис. 3. Вплив хлормекватхлориду на кількість листків рослин ріпаку і гірчиці.

Проте застосування ретарданта на культурі ріпаку супроджувалось зменшенням кількості листків.

Суттєву роль у формуванні урожайності рослин відіграє площа листкової поверхні [5]. Літературні дані свідчать, що ретарданти впливають на площу листків. Застосування хлорхолінхлориду на рослинах цукрового буряку [18, 49] призводило до зменшення площі листкової поверхні.

Результати наших досліджень свідчать, що використання ретардantu впливало на площу листкової поверхні рослин досліджуваних рослин (рис. 4).



□ – контроль, ▨ – хлормекватхлорид. Час відбору проб: 10-а, 20-а, 30-а, 40-а, 50-а доба після оброки

Рис. 4. Вплив хлормекватхлориду на площу листків рослин гірчиці та ріпаку



Зокрема, за дії хлормекватхлориду відбувалося збільшення сумарної площі листків на кінець вегетації в рослин гірчиці білої відносно контролю. Разом з тим, використання четвертинної амонієвої солі на рослинах ріпаку ярого призводило до зменшення листкової площі відносно контролю.

Нами встановлено, що зростання загальної площі, кількості листків у рослин гірчиці в першу чергу забезпечується процесом більш інтенсивного галуження стебла. Посилення галуження стебла за дії ретардантів є загальною реакцією рослин на дію антигіберелінових препаратів – ретардантів, оскільки відмічалось раніше на широкому спектрі культур [7, 24].

Фізіологічний стан листка знаходиться в тісній взаємодії з його структурними особливостями, що визначаються в науковій літературі як «мезоструктура». Застосування мезоструктурних характеристик дозволяє проаналізувати фотосинтетичну функцію листка в багатьох випадках, однак при вивченні ретардантних ефектів застосовувалося рідко.

Отримані нами результати вивчення елементів мезоструктури свідчать, що за дії препарату хлормекватхлориду у досліджуваних рослин суттєво зростала товщина листків, товщина шару хлоренхіми (табл.1). Аналогічні результати отримані на культурі картоплі та сої [9, 15, 35, 36].

Вивчення ефектів, що пов'язані з фізіологічною функцією фітогормонів, забезпечило реальну можливість керування онтогенезом і продуктивністю рослин, формуванням урожаю та його якістю. Це завдання реалізується за рахунок створення і використання синтетичних регуляторів росту та розвитку, які є або аналогами фітогормонів, або модифікаторами їх дії.

Таблиця 1

Дія хлормекватхлориду на мезоструктуру листків рослин ріпаку та гірчиці

Показники	Контроль	ССС
Гірчиця біла		
Товщина листкової пластинки, мкм	206,34±4,84	*286,59±7,06
Товщина хлоренхіми, мкм	167,31±3,89	*245,44±3,99
Об'єм клітини стовпчастої паренхіми, мкм ³	2038,49±101,92	*2489,86±120,66
Ширина клітини губчастої паренхіми, мкм	16,48±0,39	*22,49±0,48
Довжина клітини губчастої паренхіми, мкм	23,03±0,81	*37,04±0,84
Ріпак ярий		
Товщина листкової пластинки, мкм	228,58±2,35	*283,76±2,57
Товщина хлоренхіми, мкм	185,69±6,46	*230,63±2,39
Об'єм клітини стовпчастої паренхіми, мкм ³	1355,72±25,91	*1436,61±27,26
Ширина клітини губчастої паренхіми, мкм	13,25±0,70	*22,10±1,04
Довжина клітини губчастої паренхіми, мкм	18,69±0,72	21,55±1,35

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

Літературні джерела містять велику кількість інформації про використання фітогормональних препаратів на різних сільськогосподарських культурах з метою підвищення їх продуктивності [8, 14, 16, 18, 19, 49].

Для оптимізації продуктивності застосовують і регулятори росту інгібіторного



типу. З метою підвищення урожайності використовують четвертинні солі також на овочевих [33], технічних [18], плодово-ягідних культурах [8].

Відомо, що застосування регуляторів росту рослин супроводжується зростанням врожайності і для олійних культур. Зокрема, під впливом хлормекватхлориду в рослин льону відбувалося збільшення врожаю насіння [34, 47].

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 [11]. Обробка рослин сої хлормекватхлоридом сприяла більш інтенсивному накопиченню маси генеративних органів та зростанню врожайності на 5-12% [1, 2].

Відомо, що регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу і ростової функції [31]. Такого ефекту можна досягти через морфологічні зміни - формування потужної листової поверхні, ефективної мезоструктури, прискорення темпів формування фотосинтетичного апарату і продовження тривалості життя листків, як основного донору асимілятів [17].

Нами встановлено що під впливом хлормекватхлориду формувалась потужніший листовий апарат рослин ріпаку і гірчиці продовжувалась тривалість життя листків, що призводило до формування надлишку асимілятів, які використовуються для росту плодів. Використання інгібітора росту призводить до змін у структурі врожаю, що є важливим підґрунтям для збільшення урожайності досліджуваних нами культур (табл. 2). Препарат призводив до збільшення кількості стручків, зростання маси тисячі насінин і кількості насіння в стручку.

Ми вважаємо, що причиною цього явища у варіанті із застосуванням інгібітора росту хлормекватхлориду на рослинах гірчиці та ріпаку є блокування синтезу гіберелінів і часткового зняття ефекту апікального домінування, внаслідок чого відбувається посилення галуження стебла і закладка більшої кількості коробочок, збільшення кількості стручків, кількості насінин в одному стручку на рослині ріпаку.

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на продуктивність олійних культур

Показники	Контроль	ССС 05%-й
Гірчиця біла		
Кількість стручків на одній рослині, шт.	151,90±12,38	*203,50±21,35
Кількість насінин в одному стручку, шт.	4,28 ± 0,12	*4,76 ± 0,13
Маса 1000 насінин, г	7,36 ± 0,07	*8,19 ± 0,06
Урожайність, ц/га	6,03 ± 0,25	*7,67 ± 0,19
ріпак озимий		
Кількість стручків на одній рослині, шт.	38,5 ± 1,11	41,3 ± 1,04
Кількість насінин в одному стручку, шт.	25,1 ± 0,38	25,4 ± 0,07
Маса 1000 насінин, г	4,3 ± 0,42	4,4 ± 0,11
Урожайність, ц/га	25,6 ± 0,73	*28,4 ± 0,74

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

В літературі зустрічаються дані про те, що регулятори росту або не впливають



на олійність сільськогосподарських культур, або призводять до її зменшення [25, 22, 27, 46]. Проведеними нами дослідженнями встановлено, що застосування інгібітора росту і розвитку рослин зумовлювало підвищення вмісту олії в насінні ріпаку та гірчиці (Табл 3).

Таблиця 3

Вплив регуляторів росту на вміст та якісні характеристики гірчиці та ріпаку

Варіант/ показник	Кислотне число (мг КОН на 1 г олії)	Число омилення (мг КОН на 1 г олії)	Йодне число (г I на 100 г олії)	Олійність (% на сиру речовину)
Гірчиця біла				
Контроль	4,53±0,05	174,99±2,06	120,06±1,72	16,38±0,06
ССС 0,5%-й	*4,07±0,06	*190,46±1,86	*134,57±1,45	*19,75±0,05
Ріпак озимий				
Контроль	4,40 ± 0,185	193,58 ± 3,02	96,84 ± 1,680	40,10 ± 0,475
ССС 0,5%-й	*3,68 ± 0,175	*214,73 ± 2,84	*103,11 ± 1,53	*44,16 ± 0,41

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

Проведені нами дослідження свідчать про суттєвий вплив ретарданта на якісні характеристики досліджуваних олій. Зокрема, під впливом анігіберелінового препарату зросло число омилення (показник загальної кількості вільних і зв'язаних жирних кислот), йодне число (показник вмісту ненасичених жирних кислот в олії) і зменшувалося кислотне число (показник вмісту вільних жирних кислот). Таким чином, якість олії насіння рослин ріпаку та гірчиці оброблених хлормекватхлоридом, була більш високою у порівнянні з контролем.

Проведені нами дослідження дії хлормекватхлориду на вміст вищих жирних кислот в досліджуваних оліях свідчить про суттєвий вплив препарату на їх профіль (табл. 4). В олії насіння ріпаку та гірчиці містяться пальмітинова (C16), пальмітолеїнова (C16:1), стеаринова (C18), олеїнова (C18:1), лінолева (C18:2), α ліноленова (C18:3), арахінова (C20), гондоїнова (C20:1), дигомоліноленова (C20:2), бегенова (C22) і ерукова (C22:1), докозациєнова (C22:2), нервонова (C24:1) кислоти, харчова цінність і значення яких для організму людини і тварин різні.

Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту впливає на жирнокислотний склад насіння досліджуваних культур. Так, обробка рослин хлормекватхлоридом зумовлювала зменшення вмісту насичених кислот в гірчиці та ріпаку.

Таблиця 4

Вплив регуляторів росту на вміст та якісні характеристики олій гірчиці та ріпаку

Показники	Гірчиця біла		Ріпак озимий	
	Контроль	ССС	Контроль	ССС
C16	2,32±0,06	2,16±0,05	5,61±0,030	*5,24±0,060
C16:1	0,12±0,003	*0,16±0,0035	–	–
C18	0,57±0,01	0,60±0,01	–	–
C 18:1	15,47±0,39	16,71±0,42	59,82±0,227	60,34±0,150
C18:2	12,21±0,23	11,25±0,24	21,42±0,053	*21,91±0,030
C18:3	11,72±0,29	*10,39±0,25	10,30±0,033	*10,02±0,063



C 20	0,38±0,009	0,40±0,01	–	–
C 20:1	7,34±0,18	7,62±0,19	1,84±0,010	1,82±0,010
(C20:2)	0,14±0,003	0,15±0,004	–	–
C 22	0,19±0,004	0,21±0,005	–	–
C 22:1	46,02±1,15	47,11±1,18	1,01±0,040	*0,68±0,020
C 22:2	0,25±0,006	0,27±0,004	–	–
C 24:1	3,27±0,03	*2,88±0,01	–	–
Вміст ненасичених ВЖК	96,54±2,282	96,92±2,302	94,39±0,363	94,77±0,273
Вміст насичених ВЖК	3,46±0,083	3,38±0,075	5,61±0,030	*5,24±0,060
Ненасичені/ насичені ВЖК	27,9	28,67	16,83	18,10

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

Висновок. Уповільнення лінійного росту на початку вегетації за дії хлормекватхлориду призводило до потовщення стебла, формування більшої кількості листків, листової поверхні, оптимізації мезоструктури листків. Обробка рослин інгібітором росту призводила до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин. Застосування хлормекватхлориду у фазу бутонізації призводила до підвищення продуктивності культури гірчиці, ріпаку. Формування потужнішого листового апарату забезпечувало підвищення продуктивності рослин.

Вплив препарату на продуктивність гірчиці і ріпаку виявився у змінах структури врожаю. За обробки препаратами відмічалось достовірне збільшення кількості плодів на рослині – стручків. Одночасно зростала маса тисячі насінин і кількість насіння в коробочці. Під впливом препарату збільшувався вміст олії у насінні гірчиці та ріпаку, покращувались їх характеристики, відбувалося підвищення вмісту ненасичених вищих жирних кислот.

Література:

1. Голунова Л.А. Дія хлормекватхлориду на продуктивність та якість насіння *Glycine max L.* / Л.А. Голунова // Наукові записки ТНПУ імені В. Гнатюка. Серія: Біологія. – Тернопіль, 2015. – №1. (62) – 206 с. – С. 66-71.
2. Голунова Л.А. Регуляція продукційного процесу і симбіотичної азотфіксації сої за допомогою ретардантів /Л.А. Голунова, В.Г. Кур'ята-Вінниця, Тов «Нілан-ЛТД», 2016.- 164с.
3. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
4. Киризий Д. А. Оценка потенциальных возможностей фотосинтетического аппарата сахарной свеклы при искусственной дефолиации / Д. А. Киризий, Б. И. Гуляев // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – Т. 27, № 4. – С. 368-373.
5. Киризий Д. А. Фотосинтез. Ассимиляция CO₂ и механизмы ее регуляции / Д. А. Киризий О.О.Стасик, Г. А. Прядкина, Т. М. Шадчина // Киев: Логос, 2014. — Т. 2. — 478 с.
6. Кур'ята В. Г. 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. Кур'ята В. Г. Ретарданты — модификаторы гормонального статуса растений / В. Г. Кур'ята // Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. Т. 1. – С. 565-589.
8. Кур'ята В. Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур : дис. ... доктора біол. наук : 03.00.12 / Кур'ята Володимир Григорович. – К., 1999. – 318 с.
9. Кур'ята В.Г. Ефективність системи соя – *Bradyrhizobium japonicum* за дії паклобутразолу / В.Г.



- Кур'ята, Л.А. Голунова, С.К. Береговенко // Фізіологія і біохімія культурних рослин, 2010.– 42. № 3. – С. 218 – 224.
10. Методи биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л. : Агропромиздат, Ленингр. Отделение, 1987. – 430 с.
 11. Милуvene Л. Эффект соединения 17-ДМС на уровень фитогормонов и рост рапса *Brassica napus* / Л. Милуvene, Л. Новицкене, В. Гавелене // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 733-737.
 12. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. - Киев: Наукова думка, 1976. - 334 с.
 13. Прусакова Л. Д. Синтетические регуляторы онтогенеза растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений ; под ред. Н. И. Якушкиной. – М. – № 2. – 1990. – С. 84-124
 14. Рогач В.В. Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі / В.В. Рогач, І.В. Попрощка, В.Г. Кур'ята // Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology. – 2016. - 24(2). – С. 416–419.
 15. Ткачук О. О. Вплив паклобутразолу на анатомо-морфологічні показники рослин картоплі / О. О. Ткачук // Науковий вісник СНУ Ім. Лесі Українки. – 2015. – № 2. – С. 47-50.
 16. Ткачук О. О. Дія ретардантів на морфогенез, період спокою і продуктивність картоплі: монографія / О. О. Ткачук, В. Г. Кур'ята. – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 152 с.
 17. Шадчина, Т.М.; Гуляев, Б.І.; Кірізій Д.А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти: Фітосоціоцентр: Київ, 2006; с 384.
 18. 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.
 19. Шевчук О. А., Голунова Л. А., Ткачук О. О., Шевчук В. В., Криклива С. Д. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека. Корми і кормовиробництво. 2018. Вип. 84. С. 86–90.
 20. Altintas S. (2011). Effects of chlormequat chloride and different rates of prohexadione-calcium on seedling growth, flowering, fruit development and yield of tomato. African Journal of Biotechnology, 10(75), 17160-17169, 28 November, 2011. DOI: 10.5897/AJB11.2706.
 21. Barányiová I., Klem K. (2016). Effect of application of growth regulators on the physiological and yield parameters of winter wheat under water deficit. Plant Soil Environ., 62(3), 114–120. doi: 10.17221/778/2015-PSE
 22. Baylis A. D. The effects of lodging and a paclobutrazol – chlormequat chloride mixture on the yield and quality of oilseed rape / A. D. Baylis, I. T. J. Wright // Ann. Appl. Biol. – 1990. – Vol. 116, № 2. – P. 287-295.
 23. Bonelli, L. E., Monzon, J. P., Cerrudo, A., Rizzalli, R. H. & Andrade, F. H. (2016). Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. Field Crops Research, 198, 215–225. doi:10.1016/j.fcr.2016.09.003.
 24. De Sousa Lima G. M., Pereira M.C.T. Oliveira, M.B., Nietsche S. Mizobutsi G. P., Filho, W. M. (2016). Floral induction management in 'Palmer' mango using uniconazole. Ciencia Rural, 46 (8), 1350 – 1356. DOI: <http://dx.doi.org.vlib.interchange.at/10.1590/0103-8478cr20150940>.
 25. Emad EL- Dein A. Ewais, Abd El-Monem M. Sharaf, Esam A. Abd El-Azim, Mohamed A. Ismail and Mohamed A. Amin Effect of ascorbic acid, benzyl adenine and paclobutrazol on growth, yield and some metabolic constituents of sunflower plants Az. J. Pharm Sci. Vol. 47, March, 2013
 26. Fahad, S., Hussain, S., Saud, S., Hassan, S., Ihsan, Z., Shah, A.N., Wu, C., Yousaf, M., Nasim, W., Alharby, H., Alghabari, F., & Huang, J. (2016). Exogenously Applied Plant Growth Regulators Enhance the Morpho-Physiological Growth and Yield of Rice under High Temperature. Frontiers in Plant Science, 7, article 1250, 1-13. DOI: 10.3389/fpls.2016.01250
 27. Faizan Ullah, Asghari Bano Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Braz. J. Plant Physiol., 23(1): 27-31, 2011
 28. Helaly, A.A., Abdelghafar, M.S., Al-Abd, M.T., & Alkharpotly, A.A. (2016) Effect of Soaked Allium Cepa L. Bulbs in Growth Regulators on their Growth and Seeds Production. Adv Plants Agric. Res., 4(3), 1-7. DOI: 10.15406/apar. 2016.04.00139
 29. Kasem, M. M., & Abd El-Baset, M.M. (2015). Studying the Influence of Some Growth Retardants as a Chemical Mower on Ryegrass (*Lolium perenne* L.). Journal of Plant Sciences, 3(5), 255-



258. doi: 10.11648/j.jps.20150305.12
30. Kashid, D. A. Effect of growth retardants on morpho-physiological traits and yield in sunflower. Kashid, D. A.; Doddamani, M. B.; Chetti, M. B.; Hiremath, S. M. Arvindkumar, B. N. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 2010 Vol.23 No.2 pp.347-349
31. Koutroubas, S. D., & Damalas, C. A. (2016). Morpho-physiological responses of sunflower to foliar applications of chlormequat chloride (CCC). Bioscience Journal, 32, (6), 1493-1501. DOI: 10.14393/BJ-v32n6a2016-33007
32. Kumar, S., Sreenivas, G., Satyanarayana, J., & Guha, A. (2012). Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. Crantz. BSK Research Notes 5(1), 1-13. doi: [10.1186/1756-0500-5-137](https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-137)
33. Kuriata V.G. The use of antigibberelins with different mechanisms of action on morphogenesis and production process regulation in the plant *Solanum melongena* (Solanaceae) / V.G. Kuriata, V.V. Rohach, T.I. Rohach, T.V. Khranovska // Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology. – 2016. – 24(1). – P. 230-233.
34. Kuryata, V. G., & Khodanitska, O. O. (2018). Features of anatomical structure, formation and functioning of leaf apparatus and productivity of linseed under chlormequat chloride treatment. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 918-926.
35. Kuryata, V.G., Golunova, L.A., Poprotska, I.V., Khodanitska, O.O. (2019). Symbiotic nitrogen fixation of soybean-rhizobium complexes and productivity of soybean culture as affected by the retardant chlormequat chloride. Ukrainian Journal of Ecology, 9(2), 5-13.
36. Kuryata, V.G., Golunova, L.A. (2018). Peculiarities of the formation and functioning of soybean-rhizobial complexes and the productivity of soybean culture under the influence of retardant of paclobutrazol. Ukrainian Journal of Ecology, 8(3), 98–105.
37. Kuryata, V.G., Polyvanyi, S.V. (2018). Features of morphogenesis, donor-acceptor system formation and efficiency of crop production under chlormequat chloride treatment on poppy oil. Ukrainian Journal of Ecology, 8(4), 165-174.
38. Macedo, W.R., Araujo, D.K., Santos, V. M., Camargo, P. R., & Fernandes, C. G.M. (2017). Plant growth regulators on sweet sorghum: physiological and nutritional value analysis. *Comunicata Scientiae*, 8(1), 170 – 175. DOI: <http://dx.doi.org/vlib.interchange.at/10.14295/CS.v8i1.1315>
39. Matysiak, K., & Kaczmarek, S. (2013). Effect of chlorocholine chloride and triazoles – tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) in response to the application term and sowing density. J. Plant Prot. Res., 53(1), 79–88. doi: 10.2478/jppr-2013-0012.
40. Mohammad, N. K., & Mohammad, F. (2013). Effect of GA₃, N and P ameliorate growth, seed and fibre yield by enhancing photosynthetic capacity and carbonic anhydrase activity of linseed. *Integrative Agriculture* 12(7), 1183-1194. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60443-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60443-8)
41. Pavlista, A. D. (2013). Influence of foliar-applied growth retardants on russet burbank potato tuber production. Am. J. Potato, 90, 395-401. doi: 10.1007/s12230-013-9307-2
42. Polyvanyi S.V. Morphogenesis of mustard white under the action of the antigibberellic preparation chlormequat chloride / S.V. Polyvanyi, L.A. Golunova, N.V. Baiurko, O.O. Khodanitska, V.V. Shevchuk, T.I. Rogach, O.O. Tkachuk, O.A. Shevchuk // Modern Phytomorphology. – 2020. – № 14 (2020). – P. 101-103.
43. Rademacher, W. (2016). Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. Annual Plant Reviews., 49, (359 – 403). DOI: 10.1002/9781119312994.apr0541
44. Rogach, V. V., Rogach, T. I. (2015). Vplyv syntetychnyh stymulyatoriv rostu na morfofiziolohichni harakterystyky ta biologichnu produktyvnist' kul'tury kartopli [Influence of synthetic growth stimulators on morphological and physiological characteristics and biological productivity of potato culture]. Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol., 23(2), 221–224 (in Ukrainian). doi:10.15421/011532
45. Rohach V.V. The influence of synthetic growth promoters on morphophysiological characteristics and biological productivity of potato culture / V.V. Rohach, T.I. Rohach, A.M. Kylyvnyk, S.V. Polyvanyi, N.V. Baiurko, L.O. Nikitchenko, O.O. Tkachuk, O.A. Shevchuk, L.S. Hudzevych, N.V. Levchuk // Modern Phytomorphology. – 2020. – № 14 (2020). – C. 111-114.
46. Sang-Kuk Kim, Chae-Min Han, Jong-Hee Shin, and Tae-Young Kwon Effects of paclobutrazol and prohexadione-Ca on seed yield, and content of oils and gibberellin in flax grown in a greenhouse (Korean J. Crop Sci.), 63(3): 265-271(2018) DOI : <https://doi.org/10.7740/kjcs.2018.63.3.265>
47. Sang-Kuk, K., & Hak-Yoon, K. (2014). Effects of Gibberellin Biosynthetic Inhibitors on Oil,



- Secoisolarosonolodiglucoside, Seed Yield and Endogenous Gibberellin Content in Flax. Korean Journal of Plant Resources , 27 (3),229-235. doi : 10.7732/kjpr.2014.27.3.229
48. Shevchuk O. A. Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants / O. A. Shevchuk, O. O. Kravets, O. O. Khodanitska, O. O. Tkachuk, L. A. Golunova, S. V. Polyvanyi, O. V. Knyazyuk, O. L. Zavalnyuk // *Modern Phytomorphology*. – 2020. – № 14 (2020). – P. 104-107.
49. Shevchuk, O.A., Khodanitska, O.O., Tkachuk, O.O., Matviichuk, O.A., Polyvanyi, S.V., Golunova, L.A., Kniaziuk, O.V., Zavalniuk, O.L. (2020). Features of seed productivity of sugar beet plants under the influence of retardants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 143-148.
50. Shevchuk, O.A., Tkachuk, O.O., Kuryata V.G., Khodanitska, O.O., Polyvanyi, S.V. (2019). Features of leaf photosynthetic apparatus of sugar beet under retardants treatment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 115-120.