

ВПЛИВ СУМІШІ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ХЛОРМЕКВАТХЛОРИДУ І ТРЕПТОЛЕМУ НА ЯКІСТЬ ОЛІЇ ЛЬОНУ СОРТУ ОРФЕЙ

О.О. Ходаницька, В.Г. Кур'ята

Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського

Установлено, что совместное применение ретарданта хлормекватхлорида и стимулятора роста трептолема приводит к увеличению содержания масла в семенах льна, улучшению его качественных характеристик и повышению содержания ненасыщенных жирных кислот.

Масличний лен, регулятори росту, ретарданты, стимулятори росту, масличність, якісні характеристики масла, висіше жирні кислоти

ВСТУП

Льон олійний (*Linum usitatissimum* L.) – перспективна сільськогосподарська культура, яка широко використовується у хімічній, парфумерній, електротехнічній, авіаційній промисловості, як сировинна база біопалива тощо [2, 4]. Біологічна цінність лляної олії зумовлена високим вмістом моно- та поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої та ліноленової, які є незамінними для людини [2, 5, 14, 15]. Насіння льону-кучерявцю містить значну кількість найважливіших елементів – калій, кальцій, фосфор, магній, натрій, мідь, залізо, марганець. Серед вітамінів виявлені аскорбінова кислота, тіамін, рибофлавін, піридоксин, нікотинова і пантотенова кислоти, біотин, фолієва кислота, токоферолі [5, 13, 16]. Це дозволяє використовувати лляне насіння та олію в дієтичному харчуванні хворих з порушенням жирового обміну, атеросклерозом, ішемічною хворобою серця, цукровим діабетом, при гепатиті тощо [4, 16]. 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 тощо [4, 5].

Одним із шляхів покращення продуктивності та якості сільськогосподарської продукції є застосування інтенсивних технологій з використанням природних та синтетичних регуляторів росту рослин, які за своєю природою є або аналогами, або модифікаторами дії фітогормонів. Зокрема, інгібітори росту рослин – ретарданты, в залежності від хімічної природи, суттєво зменшують вміст або знижують активність вже синтезованих гіберелінів у тканинах [7]. Серед сучасних стимуляторів росту рослин широко використовується також препарат з цитокініноюю і ауксиноюю активністю трептолем – комплекс 2,6-диметилпіридин-1-оксиду, бурштинової кислоти та Емістиму С [1]. Виходячи з сучасних даних про природу та механізми дії цих регуляторів росту, можна констатувати, що застосування ретардантів та трептолему, а також їх суміші дозволяє змоделювати підвищення співвідношення ауксини+цитокініни / гібереліни.

Регулятори росту рослин вже багато років успішно застосовуються на зернових, технічних, плодових культурах тощо [1, 10, 12]. Проте літературні дані щодо застосування сучасних синтетичних препаратів на олійних культурах досить обмежені, а питання впливу сумішей регуляторів росту і розвитку залишається практично не вивченим.

Зважаючи на широке застосування льонопродукції в народному господарстві та можливість впливу на накопичення резервних сполук у насінні за допомогою внесення регуляторів росту рослин [1, 11, 12], метою нашої роботи було з'ясувати ефективність використання суміші ретарданту групи четвертинних онієвих сполук хлормекватхлорида і комплексного стимулятора росту з цитокініноюю та ауксиноюю активністю трептолему для покращення вмісту та якості олії льону.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили протягом 2010–2011 років на ділянках Вінницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля УААН. Грунтовий покрив представлений сірими лісовими опідзоленими ґрунтами з крупнопилуватим середньосуглинковим механічним складом, рН 6,6. Вміст гумусу в орному шарі 1,6–3,0 %. Вміст гідролізованого азоту (за Корнфілдом) становить 84 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Кирсановим) відповідно 158 і 114 мг/кг ґрунту [3].

Рослини льону олійного сорту Орфей (Інститут олійних культур НААН України, м. Запоріжжя) одноразово (04.06.10, 07.06.11) обробляли у фазу бутонізації сумішшю 0,5%-го розчину хлормекватхлорида та розчину трептолему в концентрації 0,033 мл/л. 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. Льон олійний вирощували за технологією, загальноприйнятою для Лісостепу.

Загальний вміст олії в насінні визначали методом екстракції в апараті Сокслета. В якості органічного розчинника використовували петролейний ефір з температурою кипіння 40–65⁰С. У зразках виділеної олії визначали її якісні характеристики: кислотне число – індикаторним методом для темних олій, йодне число – методом Генгриновича, число омилення, ефірне число за загальноприйнятими методиками [8]. 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 – 200⁰С, випаровувача – 230⁰С, полум’яно-іонізаційного детектора – 240⁰С [6].

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. Кількість хлормекватхлориду визначали шляхом встановлення 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 [9].

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 %-вим сорбентом SE-30. Швидкість проходження газу 60 мл/хв., газ-носії нітроген, гідроген. Температура колонки – 240⁰С, випаровувача – 260⁰С, полум’яно-іонізаційного детектора 300⁰С. Виділення залишкових кількостей трептолему з насіння льону проводили за методикою «Метод определения остаточных количеств пестицидов» відповідно до ДСТУ 13496.20-87.

Результати досліджень обробляли статистично. У таблицях представлені середні значення та їх стандартні похибки.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що синтетичні регулятори росту рослин перерозподіляють потоки асимілятів у бік господарсько цінних органів, що призводить до зростання продуктивності культури, а також збільшення вмісту резервних сполук у насінні [7, 10]. Так, нами встановлено зростання продуктивності льону олійного під впливом суміші хлормекватхлориду і трептолему. Зокрема, врожайність насіння льону сорту Орфей у 2010 році в контролі становила 18,30±0,10 ц/га, за дії суміші препаратів – 20,10±0,26 ц/га; у 2011 році відповідно 18,23±0,14 та 20,95±0,10 ц/га.

Результати наших досліджень свідчать про позитивний вплив суміші інгібітора росту хлормекватхлориду та стимулятора розвитку трептолему на вміст олії в насінні льону, а також її якість (табл. 1). Найбільше зростання олійності насіння порівняно з контролем відмічалось у 2010 році.

Таблиця 1 – Вплив суміші регуляторів росту на вміст і якісні характеристики олії льону сорту Орфей

Варіант досліджу	Олійність, %	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 І на 100 г олії
2010 рік					
Контроль	35,0 ±0,25	1,90 ±0,06	165,76 ±1,06	163,86 ±3,04	151,13 ±3,95
Суміш препаратів	38,0 ±0,15*	1,82 ±0,05	174,56 ±1,83	172,74 ±2,93	159,02 ±2,62
2011 рік					
Контроль	38,6 ±0,19	2,06 ±0,03	161,46 ±1,97	159,40 ±2,52	155,85 ±7,20
Суміш препаратів	40,6 ±0,30*	2,03 ±0,02	188,56 ±1,66*	186,53 ±1,70*	162,41 ±6,79

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

Дослідженнями інших авторів встановлено, що погодні умови під час формування і наливу насіння суттєво впливають на утворення і накопичення олії [2, 4]. Так, підвищені температури при дозріванні насіння призводять до зменшення олійності порівняно з більш низькими температурами [2, 4, 11]. За результатами наших досліджень максимальний вміст олії у всіх варіантах досліджу відзначався в умовах 2011 року, який характеризувався більш помірними температурами та незначним зниженням кількості опадів. Зокрема, при використанні суміші препаратів олійність насіння для сорту Орфей становила більш 40 %.

Нами встановлено, що обробка рослин льону сумішшю хлормекватхлориду та трептолему призводила до зміни якісних показників олії у порівнянні з контролем (табл. 1). Кислотне число – показник вмісту вільних жирних кислот – не перевищував допустимі концентрації (не більше 2,5 мг КОН/г) для лляної олії. Загалом найменші значення показника відмічалися у 2010 році, як в контролі, так і в досліді.

У дослідженнях 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 суміші регуляторів росту рослин. Одночасна обробка рослин хлормекватхлоридом і трептолемом приводила до стабільного зростання даних показників за роками. Застосування суміші препаратів зумовлювало підвищення показників йодного числа (показник вмісту ненасичених жирних кислот в олії).

Якість олії значною мірою залежить також від співвідношення в ній жирних кислот [4, 5]. Хроматографічний аналіз олії льону виявив сім основних вищих жирних кислот – пальмітинову, пальмітолеїнову, стеаринову, олеїнову, лінолеву, б-ліноленову, гондоїнову (табл. 2).

Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту впливає на жирнокислотний склад насіння льону олійного. Так, обробка рослин сумішшю хлормекватхлориду і трептолему зумовлювала зменшення вмісту насичених кислот. Найменша концентрація пальмітинової і стеаринової кислот відмічалася у 2011 році за використання суміші препаратів.

При внесенні регуляторів росту загальний вміст ненасичених вищих жирних кислот підвищувався, про що свідчить зростання показників йодного числа. 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.

Таблиця 2 – Жирнокислотний склад лляної олії за дії суміші регуляторів росту

Варіант	2010 рік		2011 рік	
	контроль	суміш препаратів	контроль	суміш препаратів
Пальмітинова	4,78±0,025	4,65±0,075	4,98±0,220	4,19±0,010
Пальмітолеї-нова	0,05±0,003	0,05±0,002	0,06±0,006	0,06±0,005
Стеаринова	4,10±0,015	3,90±0,010*	3,82±0,070	3,26±0,180
Олеїнова	23,21±0,015	24,44±0,110*	15,51±0,320	16,86±0,410
Лінолева	13,51±0,020	13,32±0,085	15,18±0,160	14,75±0,330
б-Ліноленова	54,14±0,060	53,44±0,145*	60,39±0,300	60,83±0,920
Гондоїнова	0,18±0,005	0,22±0,005*	0,05±0,003	0,06±0,002
Сума насичених кислот	8,88	8,55	8,80	7,45
Сума ненасичених кислот	91,09	91,47	91,19	92,56
Співвідношення ненасичені/ насичені кислоти	10,26	10,70	10,36	12,42

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. 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. Залишковий вміст трептолему 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.

Подальші дослідження планується присвятити визначенню інших речовин, що стимулюють збільшення вмісту олії у олійних культурах.

ВИСНОВКИ

1. Застосування суміші антигіберелінового інгібітора росту хлормекватхлориду та стимулятора росту з цитокініною та ауксиною активністю трептолему приводило до підвищення вмісту олії у насінні льону, покращення її якісних характеристик, збільшення вмісту ненасичених жирних кислот.

2. Залишковий вміст регуляторів росту в насінні не перевищував гранично-допустимих концентрацій, встановлених токсиколого-гігієнічними нормативами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Біологічно активні речовини в рослинництві / [Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтьюк І.Б.]. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. – 352 с.
2. 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.
3. Ґрунти Вінницької області / відповідал. ред. С.О. Скорина. – Одеса: Маяк, 1969. – 64 с.
4. 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.
5. 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.
6. Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія / [Кулик М.Ф., Кравців Р.Й., Обертюх Ю.В. та ін.]. – Вінниця: ПП «Тезис», 2003. – 334 с.
7. Кур'ята В.Г. Ретарданти – модифікатори гормонального статусу рослин / В.Г. Кур'ята // 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. Моргул. – К.: Логос, 2009. – С. 565–587.

8. 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.

9. 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. з. Ч. 10. – 1980. – С. 141–153.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF GROWTH REGULATORS SUCH AS CHLORMEQUAT-CHLORIDE AND TREPTOLEM ON THE QUALITY OF FLAX OIL OF VARIETY ORPHEUS

Khodanitska O.O., Kuryata V.H.

It was established that the combined application of the retardant chlormequat-chloride and growth stimulator treptolem led to the increasing of oil content in flax seeds, improving of its quality characteristics and increasing of content of unsaturated fatty acids.

Oil flax is a promising agricultural crop that is widely used in chemical, perfumery, electrical, aviation industries, as raw material base for biofuel, etc. The biological value of the linseed oil is brought about by high content of mono- and polyunsaturated fatty acids including linoleic and linolenic ones which are indispensable for human. Crown flax seeds contain many important elements such as potassium, calcium, phosphorus, magnesium, sodium, copper, ferrum, manganese as well as the vitamins. Ascorbic acid, thiamine, riboflavin, pyridoxine, nicotinic and pantothenic acids, biotin, folic acid and tocopherols are among them.

The implementation of intensive technologies using natural and synthetic plant growth regulators is a method to improve the productivity and quality of agricultural products. Plant growth regulators are analogues or modifiers of phytohormone action. The retardants are inhibitors of plant growth. Depending on the chemical nature, they can significantly reduce the content or the activity of synthesized gibberellins in plants tissues. Treptolem is the preparation with cytokinin and auxin activity that is widely used as a modern plant growth stimulant. Depending on the chemical nature and different mechanisms of action, plant growth regulators can model the same type of changes in complex with the phytohormones. Thus, using of retardants and treptolem leads to increasing of the ratio of cytokinins + auxins / gibberellins. For this reason the results of optimization of the plant production process by using a composition of preparations with stimulating and inhibiting effect are valuable in a practical sense.

Plant growth regulators have being successfully used in cereal, technical and fruit crop cultivation for many years. However, the literature data about the administration of modern synthetic preparations on oil crops are rather limited, also the influence of composition of the plant growth regulators is almost unstudied. So the aim of our study was to determine the influence of composition of chlormequat-chloride and treptolem on the content and quality of the linseed oil.

It is known that the regulation of plant growth and development with the use of physiologically active substances allows to influence the ontogenesis stages, mobilize the plant genetic abilities and improve the productivity and quality of crops. Plant growth regulators redistribute assimilate flows in the direction to the agronomically important organs. It leads to the increasing of crop capacity and reserve compounds in the seeds. It was established that the productivity of oil flax under the influence of composition of chlormequat-chloride and treptolem increased. The results of our research show that the yield of flax seed of variety Orpheus was $18,30 \pm 0,10$ centner/ha and under the influence of composition of growth regulators – $20,10 \pm 0,26$ centner/ha in 2010. In 2011 the productivity of the linseed was $18,23 \pm 0,14$ centner/ha on control and under the influence of composition of growth regulators it increased to $20,95 \pm 0,10$ centner/ha.

The results of our research show that the composition of chlormequat-chloride and treptolem increased the oil content in flax seeds and improved the quality of oil. The weather conditions during the development and the seed ripening significantly influence the formation and accumulation of oil. The high temperatures during the period of the seed ripening lead to the decreasing of oil content compared to the lower temperatures. The maximum of oil content in all variants of the experiment was observed in 2011 which was characterized by more moderate temperatures and a slight decrease in rainfall. So the use of the composition of growth regulators resulted in the increasing of oil content of flax seeds of variety Orpheus to over 40 %.

It was found that the treatment of flax plants with a composition of chlormequat-chloride and treptolem led to a qualitative change of oil compared to the control indices. Acid number is an indicator of the content of free fatty acids and it does not exceed the allowable concentrations of linseed oil (less than 2,5 mgKOH/g). There were the lowest indices of the acid number in 2010 on control as well as in the experiment. The saponification number (characteristic of the total content of free and associated fatty acids) and the ether number (characteristic of the content of associated fatty acids) of the linseed oil increased under the influence of composition preparations. The use of the composition of growth regulators led to the increasing of the iodine number (index of the content of unsaturated fatty acids in the oil).

The quality of oil depends on the balance of the fatty acids. Chromatographic analysis of flax oil revealed seven higher fatty acids. They are palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, α -linolenic and gondoinic acids. The use of growth regulators influences the fatty acid content of oil flax seed. Thus, the composition of chlormequat-chloride and treptolem decreased the content of saturated acids and improved the content of unsaturated fatty acids. There was the lowest concentration of palmitic and stearic acids in flax oil in 2011. The ratio of unsaturated to saturated fatty acids increased compared to the control indices that indicated the improving of the oil quality.

The requirements of environmental safety must be observed when the synthetic and complex plant growth regulators are used. The research of the toxicological risk and control of residual content of preparations in the finished products must be carried out in order to ensure safe use of the natural and synthetic plant growth regulators. According to the sanitary and hygienic requirements the residual amount of the chlormequat-chloride in the seeds shall not exceed 0,1 mg/kg. The concentration of a preparation is 0,042 mg/kg in flax seeds of variety Orpheus treated with the above-mentioned retardant. And the residual content of treptolem in flax seed of variety Orpheus is 0,0073 mg/kg. Consequently, it does not exceed the standards for flax seeds (0,03 mg/kg).

Thus, the use of the composition of chlormequat-chloride and treptolem led to the increasing of the oil content in flax seeds, improving of its quality characteristics, increasing of the content of unsaturated fatty acids. The residual content of growth regulators in seeds does not exceed the maximum permissible concentration that was established by toxicological and hygienic standards.

УДК [581.143:582.741]:661.162.65

Ходаніцька О.О. Вплив суміші регуляторів росту хлормекватхлориду і трептолему на якість олії льону сорту Орфей / Ходаніцька О.О., Кур'ята В.Г. // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 2. – С. 146–158.

Встановлено, що сумісне застосування ретарданту хлормекватхлориду та стимулятора росту трептолему призводить до зростання продуктивності та збільшення вмісту олії в насінні льону. Під впливом суміші регуляторів росту зменшувалося кислотне число лляної олії, зростало число омилення, ефірне та йодне числа, що свідчить про покращення її якісних характеристик. Обробка рослин льону сумішшю ретарданту і стимулятора зумовлювала зменшення вмісту насичених кислот та підвищення концентрації

ненасичених жирних кислот. Залишковий вміст регуляторів росту в насінні не перевищував гранично-допустимих концентрацій, встановлених токсиколого-гігієнічними нормативами.

Бібл. 16. Табл. 2.