

УДК 581.192.7

DOI: 10.15587/2519-8025.2019.188317

## ОСОБЛИВОСТІ АНАТОМІЧНОЇ БУДОВИ ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНІВ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО (*Linum usitatissimum* L.) ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СТИМУЛЯТОРА РОСТУ

О. О. Ходаницька, О. А. Шевчук, О. О. Ткачук, В. В. Шевчук

Активність ростових процесів у рослинному організмі визначається не стільки вмістом окремих груп фітогормонів, а переважно детермінується балансом біологічно активних речовин. Екзогенне внесення композицій з аналогами фітогормонів чи регуляторами активності впливає на процеси метаболізму та призводить до змін у ростових процесах.

**Метою досліджень** було встановити особливості анатомічної будови вегетативних органів та формування врожаю насіння льону олійного під впливом застосування комплексного рістстимулюючого препарату трептолему.

**Матеріали та методи.** Рослини льону олійного сорту 'Дебют' одноразово обробляли водним розчином трептолему в концентрації 0,03 мл/л в фазу бутонізації. Морфологічні показники вивчали кожні 10 діб. Для визначення анатомічної структури вегетативних органів льону відбирали листки однакового віку та фрагменти стебла в середній частині.

**Результати.** Встановлено вплив стимулятора росту з комплексом речовин ауксинової, гіберелової, цитокінінової природи на особливості ростових процесів, анатомічну організацію вегетативних органів та продуктивність рослин льону олійного (*Linum usitatissimum* L.). Використання трептолему під час періоду бутонізації призводить до підвищення врожайності льону олійного за рахунок посилення процесів морфогенезу вегетативних органів з одночасною реструктуризацією анатомічної будови стебла та листків. Збільшення діаметра стебла завдяки кращому розвитку кори, ксилеми, потовщенню луб'яних волокон підвищує стійкість рослин льону олійного до вилягання. Препарат індукує посилений розвиток фотосинтетичного апарату: закладання більшої кількості листків, пролонгація їх активного функціонування, збільшення розмірів клітин хлоренхіми та покращення хлоропластогенезу. Підвищення фотосинтетичної продуктивності рослин льону олійного призводить до інтенсифікації процесів карпогенезу, збільшення урожайності та покращення структури врожаю. Вміст залишкової кількості морфорегулятора в насінні значно нижчий, за допустимі концентрації.

**Висновки.** Застосування трептолему на рослинах льону олійного призводить до змін у формуванні стебла та розвитку листкового апарату, що сприяє підвищенню врожайності культури

**Ключові слова:** *Linum usitatissimum* L., стимулятори росту, морфогенез, продуктивність, структура врожаю

Copyright © 2019, O. Khodanitska, O. Shevchuk, O. Tkachuk, V. Shevchuk.

This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

### 1. Вступ

Фітогормональна регуляція морфогенезу рослин є перспективним напрямком у розвитку технологій вирощування сільськогосподарських культур [1, 2]. Екзогенне внесення композицій з аналогами фітогормонів, їх антагоністами чи регуляторами активності, що інтенсивно впливають на процеси метаболізму та призводять до змін у ростових процесах, дозволяє покращувати насінневу продуктивність рослин [3, 4]. При застосуванні рістрегулюючих сполук відмічається підвищення дружності і енергії проростання насіння, пришвидшення росту пагона та кореневої системи, що зумовлює посилення використання поживних речовин з ґрунту, зростання стійкості рослинного організму до дії екстремальних факторів середовища [5–7].

Механізм впливу препаратів нового покоління пов'язаний з активізацією реакцій клітинного дихання, ферментних систем, збільшенням швидкості мем-

бранного транспорту, процесів мінерального живлення, внаслідок чого зростає біологічна ефективність способів вирощування рослин [8]. Фітогормони та їх синтетичні похідні стимулюють посилення проліферації та прискорюють процеси диференціації клітин, внаслідок чого утворюється більш потужна коренева система, змінюється мезоструктурна організація листка [9, 10]. Посилений розвиток асиміляційного апарату призводить до інтенсифікації синтезу органічних речовин, які використовуються для потреб формування та наливу генеративних органів, що є важливою запорукою покращення врожайності культури [11].

### 2. Літературний огляд

Сучасні стимулятори росту рослин відзначаються значною ефективністю та екологічною безпечністю, що визначається їх комплексним складом [12, 13]. Структурна подібність рістстимуляторів у будові

з природними фітогормонами зумовлює аналогічний фізіологічний ефект [14, 15]. Проте молекулярна організація стимуляторів та їх нативних відповідників не є ідентичною, що визначає більшу стабільність екзогенних препаратів в рослині та пролонговану в часі дію [16, 17]. На сьогодні в агробіології часто застосовуються композиційні цитокінінові препарати з 2,6-диметилпіридином, які включають фітогормональні сполуки природного походження разом з N-оксидпохідними піридином [18, 19]. Так, високою ефективністю в регуляції морфогенезу та продуктивності олійних культур володіє стимулятор розвитку трептолем, до складу якого входить збалансована суміш 2,6-диметилпіридину-1-оксиду, а також бурштинової кислоти, речовин ауксинової, гіберелової, цитокінінової будови, окремих мікроелементів та амінокислот [20, 21]. Екзогенне внесення біологічно активних речовин в практиці рослинництва дозволяє впливати на процеси онтогенезу, а також створити ефективні технології вирощування основних продовольчих та технічних культур на основі детального вивчення фізіологічних та біохімічних механізмів дії [22].

Льон олійний, або льон-кучерявець (*var. brevimulticaulia*) є одним з екотипів льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.) і відрізняється меншою висотою рослин та більшою розгалуженістю пагонів. Серед переваг вирощування олійного льону – економічна доцільність та рентабельність, стійкість до водodefіциту, значний вміст олії в насінні, можливість використання в сівозміні як попередника для зернових культур [23]. Незважаючи на досить широкі можливості використання льонопродукції в різноманітних сферах виробництва, існує ряд проблем при вирощуванні посівів льону, які вирішити загальними агротехнічними прийомами і заходами не завжди можливо [24]. Так, розробка технологій вирощування льону спрямована на покращення стійкості до вилягання, підвищення олійності в межах норми реакції сорту, стабільну врожайність насіння при несприятливих агрометеорологічних умовах, біологізацію способів вирощування. Саме тому питання можливості регуляції величини врожаю насіння та морфогенезу рослин олійного льону за допомогою стимуляторів розвитку залишається актуальним та викликає прикладний інтерес.

### 3. Мета та завдання дослідження

Метою досліджень було встановити особливості анатомічної будови вегетативних органів та формування врожаю насіння льону олійного під впливом застосування комплексного рістстимулюючого препарату трептолему.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. встановити зміни в морфогенезі рослин льону при використанні трептолему;
2. дослідити особливості фотосинтетичного апарату під впливом стимулятора росту;
3. з'ясувати вплив трептолему на продуктивність льону;
4. встановити залишкову кількість препарату в насінні.

### 4. Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження щодо визначення впливу трептолему на рослини олійного льону було проведено на посівах Інституту кормів і сільського господарства Поділля НААН України. При п'ятикратній повторності дослідів облікові ділянки мали площу 10 м<sup>2</sup>. Льон олійний сорту 'Дебют' вирощували із застосуванням агротехнічних прийомів і заходів за стандартною схемою та у відповідності з технологічною картою культури [25]. При цьому здійснювали одноразову обробку рослин водним розчином трептолему в концентрації 0,03 мл/л до повного змочування листків. Витрати робочого розчину становили 300 л/га.

Висота та діаметр стебла рослин льону, число і площа листків, маса сирої та сухої речовини, а також продуктивність фотосинтезу досліджувалися кожні 10 днів після обприскування препаратом. Для визначення анатомічної структури вегетативних органів льону відбирали листки однакового віку та фрагменти стебла в середній частині. Для встановлення розмірів окремих тканин та клітин використовували окуляр-мікрометр МОВ-1-15х, цифрову камеру-насадку мікроскопа марки ScienceLab DCM 250. У зв'язку з необхідністю попередньої мацерації мезофілу листка для вимірювання клітин палисадної та пухкої паренхіми застосовували етанову кислоту концентрацією 5 % у розчині хлороводню з концентрацією 2 моль/л. Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методикою Нечипоровича А.А. як приріст маси сухої речовини на одиницю площу листової поверхні за одиницю часу.

Дослідження залишкового вмісту трептолему в кінцевій продукції здійснювали на хроматографі марки «Кристалл 2000М» (виробництва компанії СКБ «Хроматэк») методом газорідинного хроматографування. Розміри сталевих колонок хроматографа становили 100 мм, як сорбент використовували 5 %-й SE-30, в якості газу – носія визначено азот, водень, швидкість проходження становила 60 мл/хв. Температурні параметри колонок встановлювали на 240 °С, для випаровувача – 260 °С, а показники полум'яно-іонізаційного детектора становили 300 °С.

Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6» (StatSoft Inc.). Достовірність різниці експериментальних даних відносно контролю визначали з використанням t-критерію Стьюдента. В таблицях і рисунку представлені середні дані досліджень.

### 5. Результати досліджень та їх обговорення

Використання синтетичних фітогормонів, їх композицій та аналогів індукує зміни у процесах гісто- і морфогенезу, що призводить до інтенсифікації метаболізму та прискорення ростових процесів в окремих органах. У зв'язку з цим посилюються реакції синтезу і накопичення асимілятів, в першу чергу продуктів фотосинтезу, що активно використовуються для процесів закладання плодів і формування насіння.

Відповідно до результатів наших досліджень застосування стимулятора розвитку рослин трептолему на посівах олійного льону призводило до поси-

лення наростання стебла та листкового апарату дослідних рослин. При обробці рослин льону стимулятором росту відмічалось прискорення лінійного росту та збільшення висоти стебла рослин льону по роках дослідження на 14,7 %. Середнє значення висоти пагона рослин за дії препарату становило  $62,4 \pm 1,7^*$  см, тоді як висота контрольних рослин була  $54,4 \pm 1,9$ . При застосуванні морфорегулятора поперечні розміри стебел рослин льону становили  $3,2 \pm 0,11$  мм, проти  $2,8 \pm 0,12$  мм у контролі, що становить 6,9 %.

Анатомічні дослідження свідчать, що потовщення стебла рослин льону за дії препарату відбувалося в першу чергу за рахунок більш інтенсивного формування кори та ксилеми (табл. 1.).

Нами відмічалось збільшення товщини шару ксилеми під впливом стимулятора розвитку в 1,4 рази порівняно з контролем. Таке потовщення відбувалося внаслідок формування більшої кількості провідних елементів – судин, кількість яких в ряду зростає на 37 %.

Таблиця 1

Вплив трептолему на анатомічну будову стебла льону олійного

Показник	Контроль	Трептолем
Товщина епідерми (мкм)	$18,52 \pm 0,41$	$19,85 \pm 0,40^*$
Товщина кори (мкм)	$241,40 \pm 8,30$	$298,75 \pm 12,12^*$
Число судин ксилеми в ряду (шт.)	$23,20 \pm 0,50$	$31,80 \pm 0,71^*$
Товщина ксилеми (мкм)	$541,70 \pm 10,50$	$769,53 \pm 13,11^*$
Діаметр луб'яного волокна (мкм)	$29,10 \pm 0,50$	$36,75 \pm 0,45^*$
Товщина клітинної оболонки луб'яного волокна (мкм)	$11,32 \pm 0,52$	$14,78 \pm 0,42^*$

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

Для культури льону характерним є значний розвиток луб'яних волокон у стеблі. За результатами наших досліджень, обробка рослин льону трептолемом не впливала на число волокон лубу, однак збільшувалась кількість елементів важкого типу, які мали розвинені клітинні оболонки. Так, під впливом регулятора росту товщина клітинної стінки луб'яного волокна збільшувалась на 30,5 %. Подібні зміни в анатомічній організації стебла льону покращували стійкість рослин до вилягання та створювали технологічні переваги при зборі врожаю.

Результати наших досліджень свідчать, що зміни інтенсивності ростових процесів за дії регулятора росту супроводжувалися посиленням накопичення маси сухої речовини у рослині олійного льону (рис. 1). Найбільший приріст маси сухої речовини під впливом препарату відмічався для стебла і становив на 0,19–0,39 г більше, ніж у контролі.

Провідну роль у формуванні врожайності рослин відіграє продуктивність фотосинтезу, яка визначається інтенсивністю наростання листкової поверхні рослин та анатомічними характеристиками мезоструктури листків. Активність процесів формування фотосинтетичної поверхні значно залежить від балансу гіберелінів, ауксинів та цитокінінів у рослинному організмі. Відповідно до результатів нашої роботи при застосуванні трептолему, що містить основні класи фітогормонів, на рослині утворювалася більша кількість листків, а також суттєво зростала їх сумарна поверхня (табл. 2).

Окрім формування великої площі листкової поверхні не менш важливою для продукційного процесу є тривалість їх функціонування як фотосинтетичного апарату. За результатами наших досліджень під впливом регулятора росту термін життя листків пролонгується.

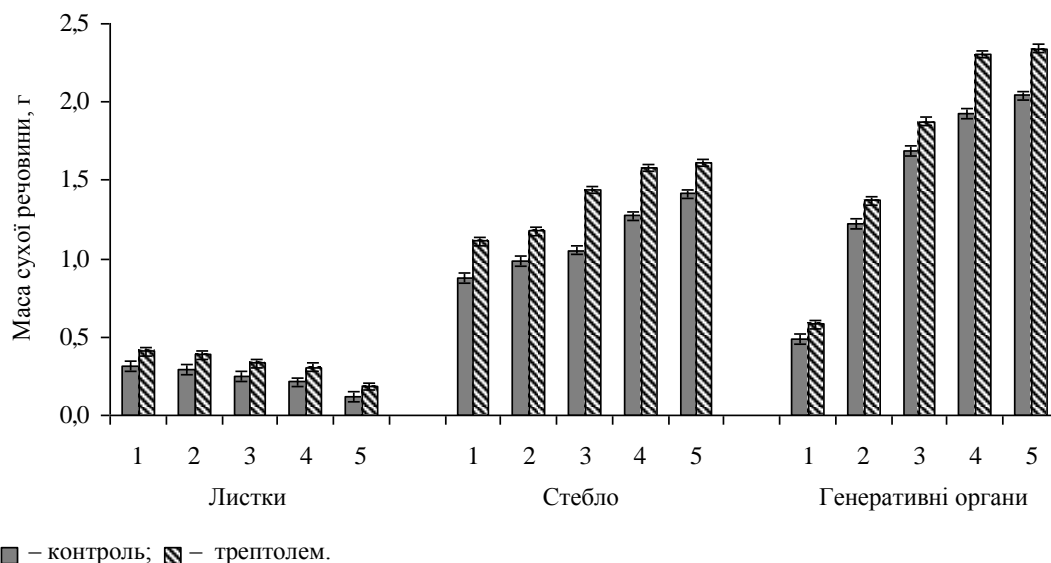


Рис. 1. Накопичення маси сухої речовини органами рослин льону олійного:

1, 2, 3, 4, 5 – відповідно 10-а, 20-а, 30-а, 40-а, 50-а доба після обробки рослин трептолемом

Таблиця 2

## Характеристики листового апарату рослин льону олійного за дії трептолему

Показник	Варіант	Фаза вегетації		
		Період цвітіння	Період досягання (зелена стиглість)	Період досягання (жовта стиглість)
Сумарна площа листових пластинок на рослині (м <sup>2</sup> )	Контроль	0,013±0,0005	0,012±0,0006	0,010±0,0011
	Трептолем	0,020±0,0006*	0,019±0,0010*	0,015±0,0017
Число листових пластинок на рослині (шт.)	Контроль	82,4±2,2	73,7±3,1	59,4±4,4
	Трептолем	108,6±3,5*	88,5±2,8*	70,2±3,1
Чиста продуктивність фотосинтезу (г/м <sup>2</sup> доба)	Контроль	0,18±0,008	0,32±0,011	0,26±0,005
	Трептолем	0,38±0,007*	0,63±0,014*	0,46±0,010*

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

Збільшення кількості та площі листків у рослин льону за дії трептолему сприяє формуванню потужної асиміляційної поверхні, що призводить до посилення фотосинтетичної продуктивності та більш активного накопичення маси сухої речовини (рис. 1, табл. 2). Так, під впливом стимулятора росту загальна маса сухої речовини рослин льону збільшується до  $4,07 \pm 0,18$  г, тоді як в контролі даний показник становить  $3,77 \pm 0,22$  г.

Інтенсивність процесів фотосинтезу визначається не лише площею листового апарату, але й анатомо-морфологічними особливостями листка. Нами

встановлено, що збільшення площі листка під впливом стимулятора розвитку супроводжувалося його потовщенням. Так, товщина листової пластинки за дії трептолему становила  $170,3 \pm 2,1^*$  мкм, тоді як в контролі  $144,7 \pm 1,5$  мкм. Збільшення розмірів листової пластинки при застосуванні препарату відбувалося за рахунок розростання мезофілу листка (табл. 3). Зокрема розміри клітин палісадної асиміляційної тканини значно збільшувалися, при цьому об'єм клітин зростав у 1,6 раза. Розміри клітин пухкої паренхіми достовірно не змінювалися і були близькими до контролю.

Таблиця 3

## Мезоструктура листка льону олійного за дії трептолему

Показник	Палісадна тканина листка		Пухка тканина листка	
	Контроль	Трептолем	Контроль	Трептолем
Довжина клітини (мкм)	34,1±2,3	40,8±1,9	18,9±0,8	18,4±0,9
Ширина клітини (мкм)	13,2±0,8	15,9±0,7	16,1±0,9	14,8±0,7
Об'єм клітини (мкм <sup>3</sup> )	3475±171	5727±215*	–	–
Об'єм хлоропласта (мкм <sup>3</sup> )	33,9±1,7	43,9±2,0*	31,4±1,2	38,9±1,6*
Кількість хлоропластів у клітині (шт.)	12,7±0,5	14,7±0,7	6,8±0,4	10,4±0,4*

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

Вплив трептолему на фотосинтетичний апарат льону олійного реалізувався і через процеси хлоропластогенезу (табл. 3). При використанні препарату відмічалася утворення більшої кількості хлоропластів та зростання їх об'єму. Зокрема розміри хлоропластів у клітинах палісадної тканини збільшувалися на 29,5 % відносно контролю, в пухкій тканині – відповідно на 23,8 %.

Аналіз мезоструктурних показників листового апарату рослин льону олійного свідчить, що під впливом трептолему формувалася більш потужний фотосинтетичний апарат: збільшувалася площа листової поверхні і кількість листків, зростали розміри клітин палісадної паренхіми, хлоренхіма містила більше хлоропластів порівняно з контролем, що є необхідною передумовою підвищення фотосинтетичної продуктивності рослин та посилення процесів формування насіння.

В сучасній агробіології екзогенне внесення фізіологічно активних сполук розглядається як можливий спосіб регуляції протікання окремих фаз розвитку для мобілізації ресурсів рослинного організму та підвищення адаптаційних можливостей в стресових умовах, що в кінцевому результаті має на меті покращення продуктивності культури. Відомо, що засто-

сування фітогормональних препаратів супроводжується зростанням врожайності і для олійних культур.

При дослідженні впливу трептолему на показники продуктивності льону олійного нами встановлено, що застосування стимулятора росту призвело до підвищення врожайності (табл. 4). За рахунок вмісту гормонів цитокінінової і ауксинової природи трептолем включається у фізіологічні процеси в рослині та впливає на посилення росту. Інтенсифікація процесів метаболізму та активний розвиток фотосинтетичного апарату при використанні морфорегулятора посилюють процеси закладання плодів, синтезу пластичних речовин та наливу насіння. Так, під впливом препарату на рослині льону олійного корбочок формувалося на 16 % більше, ніж у контролі. Утворення більшого числа генеративних органів на рослині та насінин у них, а також збільшення маси насіння за використання препарату призвело до підвищення кількості насіння, зібраного з однієї рослини. В цілому врожайність льону олійного під впливом трептолему збільшувалася на 4 %. Незважаючи на невеликий приріст врожаю, результати щодо оптимізації продукційного процесу льону за допомогою трептолему є цінними в практичному розумінні. Так, з короткої соломи волокна льону олійного

можливо отримати котоване, бавовноподібне волокно, для виробництва змішаних льонобавовняних тканин, медичної вати. Під впливом трептолему посилюється ріст рослин льону, збільшується

довжина стебла. Таким чином, застосування препарату призводить до подвійного позитивного ефекту – збільшення врожаю при одночасному покращенні якості волокна.

Таблиця 4

Структура врожаю льону олійного за дії трептолему

Показник	Контроль	Трептолем
Врожайність (ц/га)	18,2±0,31	18,9±0,27
Число плодів на рослині (шт.)	25,0±0,72	29,1±1,02*
Кількість насінин у коробочці (шт.)	8,2±0,17	8,4±0,21
Маса 1000 насінин (г)	7,6±0,04	7,8±0,02*
Маса насіння з рослини (г)	1,5±0,11	1,8±0,10
Відношення маси насіння до маси рослини	442	471

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

Токсикологічний контроль та дослідження залишкових кількостей біохімічних препаратів у продукції рослинництва є необхідною умовою екологічної безпеки при розробці технологій вирощування сільськогосподарських культур із використанням регуляторів розвитку. Виділення залишкових кількостей трептолему з насіння льону проводили відповідно до ГОСТу 13496.20-87. За результатами хроматографічних досліджень залишковий вміст стимулятора росту в насінні льону олійного становив 0,0073 мг/кг, тобто значно нижчий за допустимі концентрації (0,03 мг/кг), які регламентовані ДСанПіН. 8.8.1.2.3.4.-000-2001.

## 6. Висновки

1. За дії стимулятора розвитку відбувається посилення лінійного росту вегетативних органів з одночасною їх анатомічною перебудовою. Збільшен-

ня діаметра стебла завдяки кращому розвитку кори, ксилеми, потовщенню луб'яних волокон підвищує стійкість рослин льону олійного до вилягання.

2. Трептолем індукує посилений розвиток фотосинтетичного апарату: закладання більшої кількості листків, пролонгація їх активного функціонування, збільшення розмірів клітин хлоренхіми та покращення хлоропластогенезу.

3. Підвищення продуктивності фотосинтезу під впливом трептолему інтенсифікує процеси закладання та формування генеративних органів, що покращує структурні показники врожаю – збільшується число плодів на рослині, кількість насінин в коробочках, маса насіння, що, в свою чергу, сприяє зростанню продуктивності культури.

4. Залишковий вміст стимулятора росту в насінні льону олійного не перевищує гранично допустимих концентрацій.

## Література

- McKenzie, R. R., Deyholos, M. K. (2011). Effects of plant growth regulator treatments on stem vascular tissue development in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Industrial Crops and Products*, 34 (1), 1119–1127. doi: <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.028>
- Kim, S.-K., Kim, H.-Y. (2014). Effects of Gibberellin Biosynthetic Inhibitors on Oil, Secoisolarosonolodiglucoiside, Seed Yield and Endogenous Gibberellin Content in Flax. *Korean Journal of Plant Resources*, 27 (3), 229–235. doi: <http://doi.org/10.7732/kjpr.2014.27.3.229>
- Kuryata, V. G., Poprotska, I. V., Rogach, T. I. (2017). The impact of growth stimulators and retardants on the utilization of reserve lipids by sunflower seedlings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (3), 317–322. doi: <http://doi.org/10.15421/021750>
- Ciura, J., Kruk, J. (2018). Phytohormones as targets for improving plant productivity and stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 229, 32–40. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.013>
- Кур'ята, В. Г., Поливаний, С. В., Рогач, Т. І., Рогач, В. В. (2019). Вплив хлормекватхлориду на морфогенез, формування донорно-акцепторної системи та продукційний процес олійних культур. *Science Publishing*.
- Mao, L., Zhang, L., Sun, X., van der Werf, W., Evers, J. B., Zhao, X. et. al. (2018). Use of the beta growth function to quantitatively characterize the effects of plant density and a growth regulator on growth and biomass partitioning in cotton. *Field Crops Research*, 224, 28–36. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.04.017>
- Pérez-Jiménez, M., Pazos-Navarro, M., López-Marín, J., Gálvez, A., Varó, P., Amor, F. M. del. (2015). Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 194, 188–193. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.002>
- Cai, T., Xu, H., Peng, D., Yin, Y., Yang, W., Ni, Y. et. al. (2014). Exogenous hormonal application improves grain yield of wheat by optimizing tiller productivity. *Field Crops Research*, 155, 172–183. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.008>
- Rademacher, W. (2016). Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annual Plant Reviews*, 49, 359–404. doi: <http://doi.org/10.1002/9781119210436.ch12>
- Fang, S., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., Zhou, Z. (2019). Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research*, 231, 105–114. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.012>
- Khan, M. N., Mohammad, F. (2013). Interactive Effect of GA3, N and P Ameliorate Growth, Seed and Fibre Yield by Enhancing Photosynthetic Capacity and Carbonic Anhydrase Activity of Linseed: A Dual Purpose Crop. *Journal of Integrative Agriculture*, 12 (7), 1183–1194. doi: [http://doi.org/10.1016/s2095-3119\(13\)60443-8](http://doi.org/10.1016/s2095-3119(13)60443-8)
- Шевчук, О. А., Ткачук, О. О., Бахмат, Ю. О. (2017). Застосування регуляторів росту рослин в рослинництві. *Nastoleni moderni vedy*, 5, 38–43.

13. Mo, Z. W., Ashraf, U., Pan, S. G., Kanu, A. S., Li, W., Duan, M. Y. et. al. (2016). Exogenous application of plant growth regulators induce chilling tolerance in direct seeded super and non-super rice seedlings through modulations in morpho-physiological attributes. *Cereal Research Communications*, 44 (3), 524–534. doi: <http://doi.org/10.1556/0806.44.2016.010>
14. Кур'ята, В. Г., Ходаницька, О. О. (2012). Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлормекватхлориду і трептолему. *Физиология и биохимия культурных растений*, 44 (6), 522–528.
15. Giannakoula, A. E., Ilias, I. F., Dragišić Maksimović, J. J., Maksimović, V. M., Živanović, B. D. (2012). The effects of plant growth regulators on growth, yield, and phenolic profile of lentil plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28 (1), 46–53. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.06.005>
16. Ходаницька, Е. А., Кур'ята, В.Г. (2018). Влияние хлормекватхлорида на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность растений льна. *ScienceRise: Biological Science*, 6 (15), 18–22. doi: <http://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.153463>
17. 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.
18. Ткачук, О. О., Шевчук, О. А. (2018). Перспективи використання регуляторів росту рослин стимулюючої дії. Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук: основні наукові проблеми та перспективи дослідження, 46–48.
19. Kuryata, V. G., Polyvanyi, S. V. (2018). Formation and functioning of source-sink relation system of oil poppy plants under treptolem treatment in connection with productivity of crop. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 11–20. doi: [http://doi.org/10.15421/2018\\_182](http://doi.org/10.15421/2018_182)
20. Khodanitska, O. O., Kuryata, V. G., Shevchuk, O. A., Tkachuk, O. O., Poprotska, I. V. (2019). Effect of treptolem on morphogenesis and productivity of linseed plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (2), 119–126.
21. Ходаницька, О. О. (2018). Врожайність льону олійного при застосуванні регуляторів росту з різним напрямком дії. *Wykształcenie i nauka bez granicy – 2018*, 12, 3–7.
22. Шевчук, О. А., Ткачук, О. О., Ходаницька, О. О., Вергеліс, В. І. (2018). Обсяг застосування та екологічна оцінка хімічних засобів захисту рослин. *Наукові записки. Серія: Географія*, 3-4, 119–128.
23. Baud, S., Lepiniec, L. (2010). Physiological and developmental regulation of seed oil production. *Progress in Lipid Research*, 49 (3), 235–249. doi: <http://doi.org/10.1016/j.plipres.2010.01.001>
24. Кур'ята, В. Г., Ходаницька, О. О. (2018). Особливості анатомічної будови і функціонування листкового апарату та продуктивність рослин льону олійного за дії хлормекватхлориду. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 918–926. doi: [http://doi.org/10.15421/2018\\_294](http://doi.org/10.15421/2018_294)
25. Дрозд, О. М. (2007). Технології вирощування льону олійного. *Вісник аграрної науки*, 7, 24–26.

*Received date 06.05.2019*

*Accepted date 05.06.2019*

*Published date 30.06.2019*

**Ходаницька Олена Олександрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач, кафедра біології, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21100  
E-mail: [olena.khodanitska@gmail.com](mailto:olena.khodanitska@gmail.com)

**Шевчук Оксана Анатоліївна**, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра біології, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21100

**Ткачук Олеся Олександрівна**, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра біології, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, Україна, 21100

**Шевчук Вікторія Вікторівна**, аспірант, кафедра землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008