

ВПЛИВ РЕТАРДАНТІВ НА РІСТ РОСЛИН ТА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ

Троценко Володимир Іванович

доктор сільськогосподарських наук., професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-8101-0849
vtrotsenko@ukr.net

Жатова Галина Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-8606-6750
gzhatova@ukr.net

Яценко Віталій Миколайович

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
vitaliiyatsenko1@gmail.com

Колосок Інна Олександрівна

аспірантка
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ikolosok85@gmail.com

У статті висвітлені результати лабораторних та польових досліджень з вивчення реакції рослин соняшнику на застосування ретарданту Моддус. За результатами змін в анатомічній будові гіпокотіля рослин визначено, що максимальний очікуваний рівень скорочення стебла, за рахунок зменшення прозенхімності клітин, складає біля 30 %.

В умовах польового досліді з клиновидним розміщенням рядків вивчали реакцію рослин соняшнику на різні способи використання препарату. Досліджували зміни висоти стебла та алгоритм формування урожайності, залежно від рівня внутрішньовидової конкуренції. Дослідження проводили у діапазоні густоти від 20 до 160 тис. шт./га, вивчали варіанти із обробкою насіння, обробкою вегетуючих рослин та комбінованим застосуванням ретарданту.

Встановлено, що фактичний рівень зменшення висоти стебла визначається фазою розвитку рослин та рівнем внутрішньовидової конкуренції у посіві. Ефект зростає за комбінованого використання ретарданту та зі збільшенням густоти стояння рослин. Фактором зниження розрахункової урожайності були зміни у структурі продуктивності рослин, що супроводжувалися звуженням та зміщенням діапазону показників оптимальної густоти посіву.

Ключові слова: соняшник, алгоритм формування урожайності, структура посіву, ретарданти, внутрішньовидова конкуренція.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.8>

Вступ. Використання ріст-гальмуючих препаратів є важливим фактором управління процесами формування урожаю сільськогосподарських культур. Ріст-гальмуючі речовини виконують важливу роль у процесах росту, впливаючи на безліч фізіологічних процесів, що забезпечують підвищення адаптаційних можливостей рослин до факторів середовища. За хімічним складом та механізмом дії більшість цих речовин належать до однієї з шести груп, а саме: синтетичні аналоги абсцизової кислоти, етиленвмісні препарати, антиауксинові препарати, антицитокінінові препарати, антибрасиностероїди та антигіберелінові препарати (Shevchenko & Tagasenko, 1998). Серед останніх важливе місце займають ретарданти, використання яких є найбільш відпрацьованим елементом сучасних технологій. Ретарданти застосовують з метою оптимізації морфологічних параметрів рослин, зокрема зменшення загальної довжини стебла.

Результати вивчення ретардантів на різних культурах свідчать, що при уніфікованому механізмі дії, який забезпечується інгібуванням гіберелінів, спостерігається різниця у видовій і навіть сортовій реакціях рослин. Різниця у реакції

визначається комплексом анатомічних та фізіологічних особливостей рослин. Насамперед, це різниця у кількості судинно-волокнистих пучків, співвідношенні у них ксилемних та флоемних елементів, динаміці росту стебла в окремі фази вегетації тощо. Важливим питанням застосування ретардантів є рівень їх впливу на продуктивність рослин, оскільки у багатьох випадках зміна габітусу має комплексний характер, що охоплює всю рослину, включаючи репродуктивні органи.

На сьогодні результати досліджень вказують, що за рахунок коригування доз препарату, його концентрації, часу та кількості обробок у більшості сільськогосподарських культур зміна габітусу відбувається без зниження (або навіть з підвищенням) врожайності (Hrytsaienko et al., 2008, Tahsin & Kolev, 2006). Крім групи зернових культур, традиційної для застосування ретардантів, підвищення врожайності насіння спостерігається в гречки, гірчиці, на насіннєвих посівах овочевих культур (Kuriata et al., 2006). У деяких випадках використання ретардантів забезпечує підвищення якості урожаю. Так, при застосуванні підвищених доз азотних добрив вико-

ристання ретардантів сприяє збільшенню вмісту білку у пшениці (Espindula et al., 2009).

Менш вивченими залишаються питання застосування ретардантів на посівах високорослих культур із низьким рівнем саморегуляції густоти посіву, насамперед соняшнику, кукурудзи й сорго. Так, проблема ретардантного контролю висоти посівів соняшнику досліджувалася, в основному, у напрямках оптимізації індексу врожайності, вмісту та хімічного складу олії, особливостей формування сухої речовини та біологічного урожаю (Ibrahim, 2012; Kheybari et al., 2013; Ernst et al., 2016; Domingos et al., 2016). Поряд із цим, у ґрунтовній статті, присвяченій використанню хлормекватхлориду на соняшнику олійному дослідники зазначають, що на сьогодні жоден із ретардантів не є ідеальним для контролю висоти стебла у цієї культури (Koutroubas & Damalas, 2016). Такий висновок авторів базується на результатах досліджень, які вказують, що технологічно суттєве скорочення висоти рослин (на 45 см і більше) можливе лише за дворазової обробки вегетуючих рослин. При цьому друга обробка може викликати зниження врожайності на 17–20 %.

Таким чином, завдання з використання ретардантів на соняшнику є актуальним та маловивченим. Недостатньо висвітленими у науковій та виробничій літературі залишаються питання доцільності коригування структурних параметрів посіву, зокрема розрахункової густоти рослин у посіві, зв'язку зі зміною вертикальної структури ярусів.

Метою досліджень було визначити потенційний та фактичний рівень скорочення стебла рослин соняшнику під впливом ретарданту, а також оцінити ефективність обробки насіння і вегетуючих рослин соняшнику, змін в алгоритмах формування урожайності.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили у рамках програми з розробки моделі сорту соняшнику для умов північно-східного Лісостепу та Полісся України, номер державної реєстрації 0116U001506, що виконувалася у 2016–2020 рр. в Інституті сільського господарства Північного Сходу (СГПС) НААН України та Сумському національному аграрному університеті, в умовах польового досліді із клиновидним розміщенням рядків (рис. 1).

Площа живлення рослин у досліді, близька до прямокутної, забезпечувалася покроковим збільшенням віддалі між рослинами у рядку. Мінімальна відстань між рядками (та рослинами у рядку) становила 0,25 м максимальна – 0,71 м. Загальна довжина рядка була 11,5 м, що забезпечувало формування градієнту площі живлення рослин у діапазоні від 0,06 до 0,50 м². Це розрахунково відповідало діапазону густоти посіву від 19,84 до 160,0 тис. рослин/га.

Як фактор мінливості на градієнті густоти вивчали варіанти із різною схемою обробки регулятором росту Моддус (трінексапак-етил, 250 г/л), а саме: 0 – без обробки (контроль), 1 – обробка насіння (Моддус 5 мл/1 кг насіння), 2 – обробка вегетуючих рослин у фазу 8–10 листків (Моддус 1,0 л/га); 3 – комплексна обробка (обробка насіння + обробка у фазу 8–10 листків). Розрахункові параметри витрати робочої суміші: для обробки насіння 75 мл/1 кг; для обробки вегетуючих рослин 250 л/га.

Густота тис. шт./га	Відстань рядками та рослинами в рядку, см.	Площа живлення, м ²
160	25	0,06
137,17	27	0,07
118,91	29	0,08
104,06	31	0,1
91,83	33	0,11
86,51	34	0,12
77,16	36	0,13
73,05	37	0,14
65,75	39	0,15
59,49	41	0,17
54,08	43	0,18
49,38	45	0,2
45,27	47	0,22
41,65	49	0,24
38,45	51	0,26
35,6	53	0,28
33,06	55	0,3
30,78	57	0,32
28,73	59	0,35
26,87	61	0,37
25,2	63	0,4
23,67	65	0,42
22,28	67	0,45
21	69	0,48
19,84	71	0,5
19,29	72	0,52

Рис. 1. Принципова схема досліді із клиновидним розміщенням рядків соняшнику.

Під час дослідження визначали швидкість росту та кінцеві показники висоти стебла, продуктивність рослин, розрахункові показники урожайності та насінневої продуктивності. Польові дослідження були доповнені лабораторними експериментами з горщиковою культурою соняшнику (фіто-бокс із середньодобовою температурою + 18 °С) та дослідженнями із використанням растрового електронного мікроскопа РЭММА-106-И виробництва ВАТ "Selmi".

До статті включені матеріали польових (2018–2020 рр.), вегетаційних та лабораторних досліджень ранньостиглого гібриду Хорал. Оригіатор гібриду – Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України. Базові характеристики гібриду за результатами конкурсного випробування: урожайність – 4,25 т/га; маса 1000 штук насіння – 62,5 г; лушпинність – 21,8 %; вміст олії у насінні – 49,3 %.

Цифрові дані оброблено з використанням пакету Statistica 6.0 (Carenko et al., 2000). Коментар та узагальнення матеріалу викладено з урахуванням специфіки біологічних об'єктів (Lakin, 1980).

Результати. Основним методом визначення реакції рослин на використання регуляторів росту є вивчення їх впливу на розвиток окремих міжвузлів. Для соняшнику найбільш інформативним є вивчення особливостей розвитку

гіпокотилі, як частини стебла з генетично детермінованою кількістю клітин. За умов нормального розвитку плоду формування підсід'ядольного коліна, зокрема його первинної структури, закінчується у постембріональний період. У подальшому, в процесі проростання насіння та проходження

фази сходів відбувається ріст і розтягуванням клітин. За умов приблизно однакової кількості клітин, різниця у довжині гіпокотилі розглядається як результат зменшення їх розміру та показника прозенхімності (рис. 2).

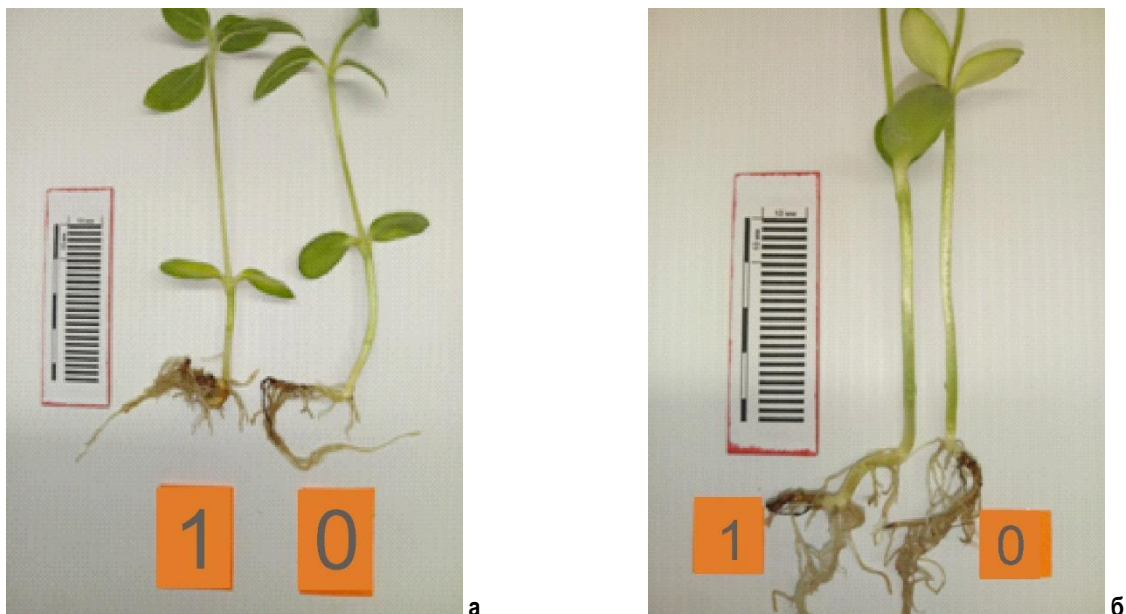


Рис. 2. Горщикова культура соняшнику у фазу 2-х (а) та 4-х справжніх листків (б): 0 – необроблене насіння (к); 1 – оброблене насіння.

На рис. 2 проілюстровано різницю у загальній довжині підсід'ядольного коліна ювенільних рослин, отриманих із необробленого насіння та насіння, обробленого препаратом Моддус. У варіантах із обробкою насіння середня довжина гіпокотилі у фазу 2-х справжніх листків складала $24,52 \pm 2,8$ мм проти $35,4 \pm 3,6$ мм на контролі. При цьому різниця у довжині гіпокотилі (30–33 %) не змінювалася протягом наступних фаз розвитку (рис. 2, б). Варто зазначити, що скорочення довжини гіпокотилі, супроводжувалося деяким збільшенням його діаметру лише з початком активного

вторинного розвитку стебла або з фази 5–6 листків.

На рис. 3 представлена клітинна структура середньої частини гіпокотилі рослин у фазі 4–6 справжніх листків. На варіантах контролю середній розмір клітин ксилеми склав $192,5 \pm 5,0 \times 27,6 \pm 2,3$ мкм із показником прозенхімності 7,1. На варіанті з обробкою насіння препаратом Моддус середній розмір клітин становив $155,5 \pm 5,0 \times 33,6 \pm 2,3$ мкм зі значенням показника прозенхімності 4,6.

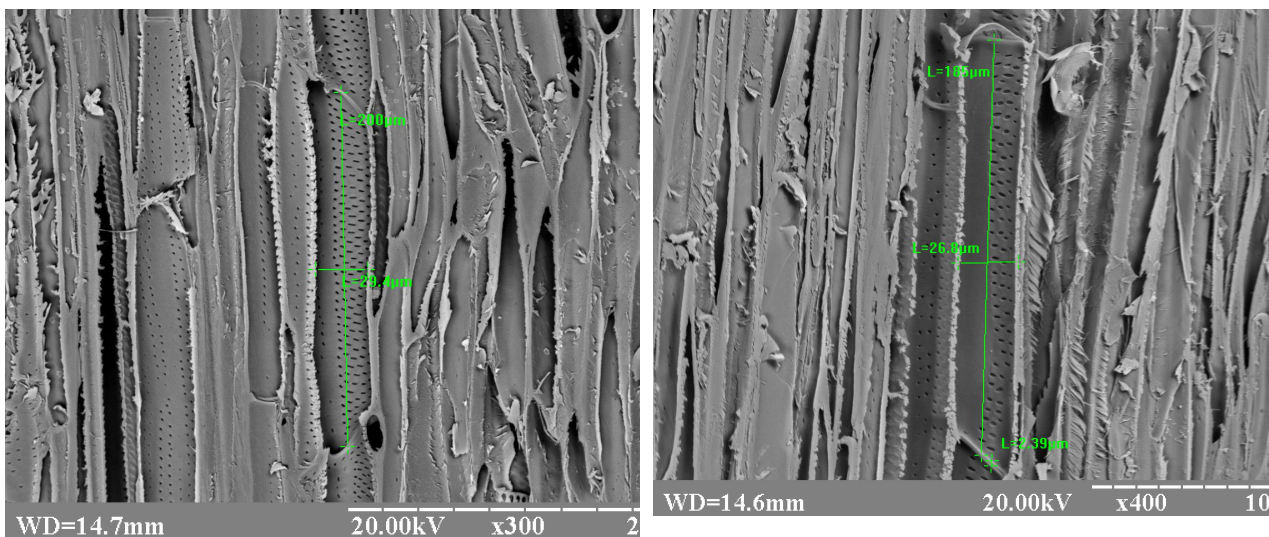


Рис. 3. Діапазон розмірів провідних елементів (трахей) гіпокотилі рослин соняшнику у фазі 8–10 справжніх листків. Варіант без обробки (к): розмір клітин зліва $200 \times 29,4$ мкм, справа – $180 \times 26,8$ мкм.

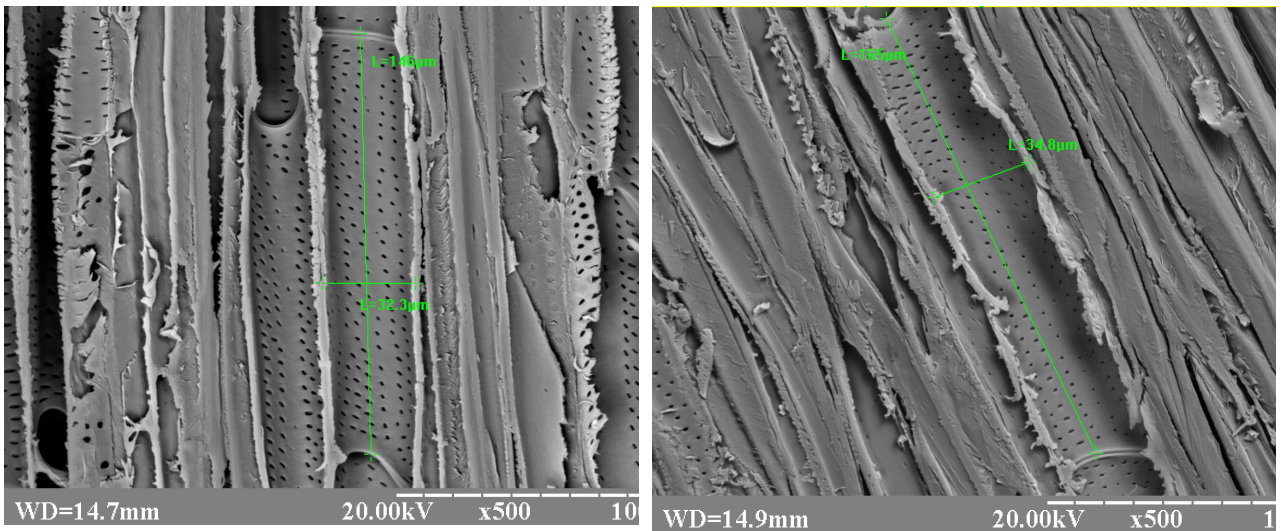


Рис. 4. Діапазон розмірів провідних елементів (трахей) гіпокотила рослин соняшника у фазі 8–10 справжніх листків. Варіант із обробкою насіння: розмір клітин зліва 146 x 37,3 мкм, справа – 155 x 34,8 мкм.

Більш неоднозначною була оцінка різниці товщини клітинних стінок. Значна варіабельність цього параметру, залежно від особливостей розміщення клітин, а також щільності їх «пакування» у пучку, зумовили значну варіабельність цієї ознаки. Однак за результатами замірів товщини стінок у центральній частині судин значення складало $2,4 \pm 0,21$ мкм на

варіантах контролю проти $3,1 \pm 0,28$ мкм у варіантах із обробкою Моддусом. Різниця в розмірах та щільності розташування перфорації стінок (рис. 5 а, б) підтверджує більш щільний характер «пакування» клітинної оболонки судин під впливом препарату.

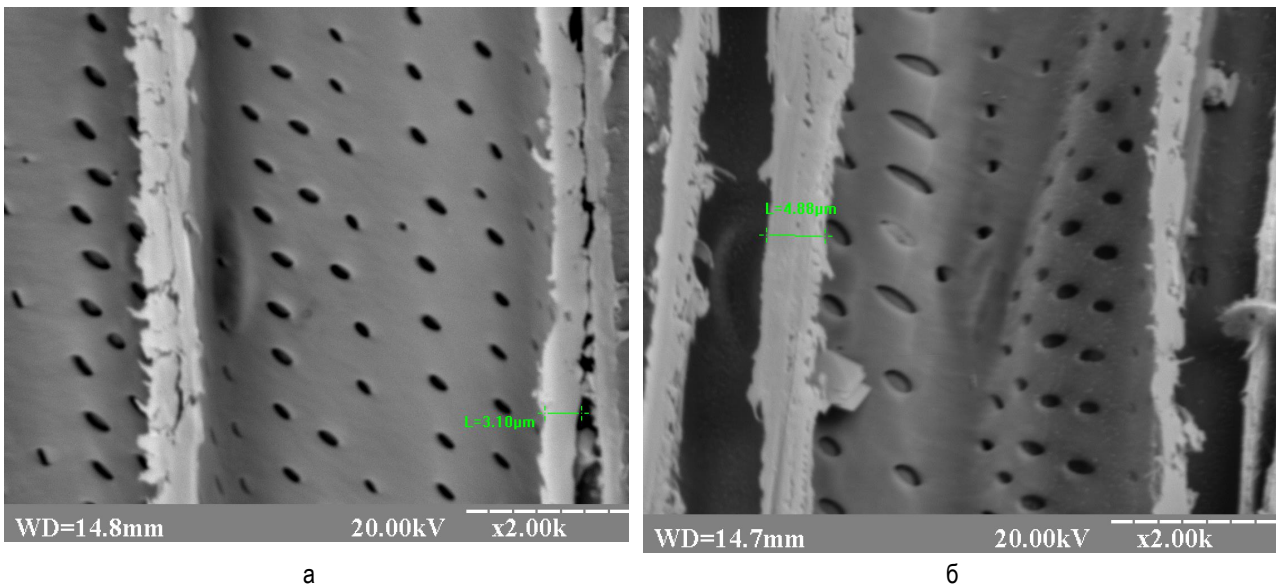


Рис. 5. Товщина та характер перфорації стінок трахей гіпокотила рослин соняшника у фазі 8–10 справжніх листків: а – варіант без обробки (к) – товщина стінки 3,1 мкм, б – варіант із обробкою насіння – товщина стінки 4,8 мкм

Враховуючи домінуючий вплив фактору обробки насіння саме на цю частину стебла вважаємо, що максимальний очікуваний рівень скорочення міжвузлів за рахунок блокування процесів розтягування клітин може складати до 30 % від показників контролю.

Більш детальна інформація стосовно динаміки росту та формування врожайності соняшнику під впливом ретарданту була отримана у польових модельних дослідах із клонуваним розміщенням рядків (рис. 1).

Середні показники висоти стебла рослин соняшнику,
залежно від варіантів використання ретарданту та густоти посіву, см, (2018–2020 рр.)

Варіант обробки ретардантом	Висота стебла рослин, см	± до контролю, см	Середнє для	
			густоти посіву	варіанту обробки
160,0 тис. шт. рослин/га*				
Без обробки (к)	209,3	–	185,85	187,54
Обробка насіння	207,8	1,50		181,88
Обробка рослин у фазу 8–10 листків	166,5	42,80		157,04
Комплексна обробка (насіння + фаза 8–10 листків)	159,8	49,50		149,70
НІР _{0,05}		6,24		
77,16 тис. шт. рослин/га				
Без обробки (к)	193,0	–	172,35	
Обробка насіння	190,8	2,20		
Обробка рослин у фазу 8–10 листків	155,3	37,70		
Комплексна обробка	150,3	42,70		
НІР _{0,05}		6,18		
41,65 тис. шт. рослин/га				
Без обробки (к)	183,6	–	169,08	
Обробка насіння	183,9	-0,30		
Обробка рослин у фазу 8–10 листків	160,3	23,30		
Комплексна обробка	148,5	35,10		
НІР _{0,05}		6,52		
26,87 тис. шт. рослин/га				
Без обробки (к)	180,0	–	163,80	
Обробка насіння	172,6	7,40		
Обробка рослин у фазу 8–10 листків	155,3	24,70		
Комплексна обробка	147,3	32,70		
НІР _{0,05}		5,12		
19,84 тис. шт. рослин/га				
Без обробки (к)	171,8	–	154,13	
Обробка насіння	154,3	17,50		
Обробка рослин у фазу 8–10 листків	147,8	24,00		
Комплексна обробка	142,6	29,20		
НІР _{0,05}		5,06		

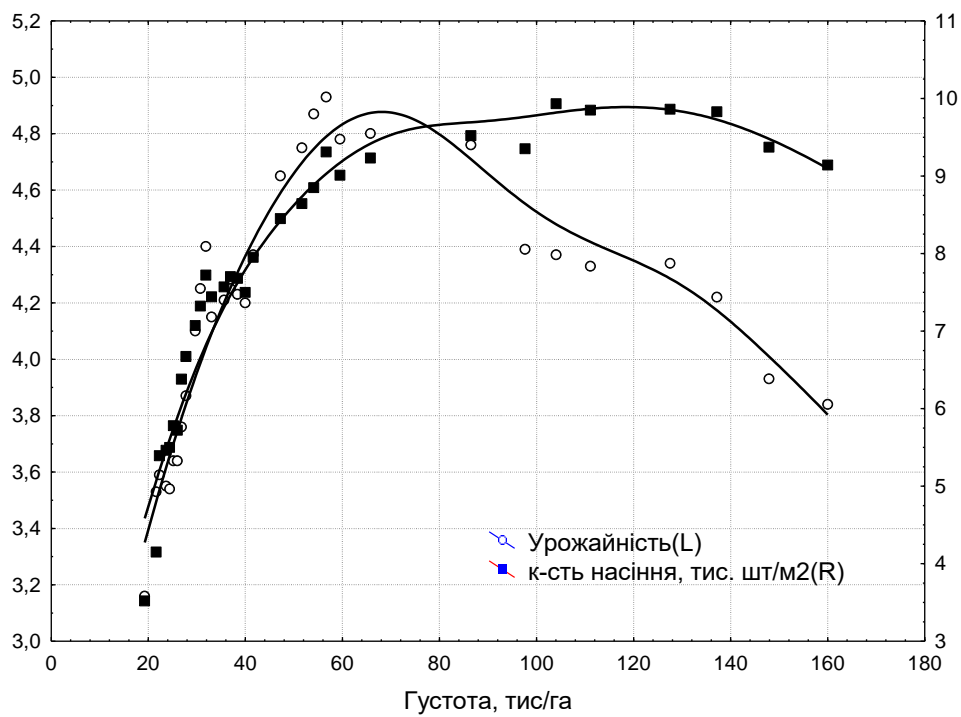
*розрахункова густина на відрізу градієнту.

В абсолютних показниках висота рослин на градієнті (у напрямі збільшення густоти) змінилася з 171,8 до 209,3 см (+ 21,8 %) на ділянках контролю, з 154,3 до 207,8 см (+ 34,7 %) на варіанті з обробкою насіння, з 147,8 до 166,5 см (+ 12,7 %) при обробці вегетуючих рослин та з 142,6 до 159,8 см (+ 12,1 %) на варіанті комплексної обробки. При цьому вплив різних варіантів обробки змінювався залежно від густоти стояння рослин. Найбільший ефект скорочення стебла спостерігали на ділянках із максимальною густиною (160 тис. шт./га.). Статистично суттєве скорочення, порівняно до контролю (209,3 см), було відмічено при обробці у фазі зірочки – 42,8 см та – 49,5 см при комплексній обробці, що складало 20,45 та 23,65 % відповідно. Різниця у висоті рослин на варіанті контролю та варіанті із обробкою насіння (207,8 см) була статистично несуттєвою.

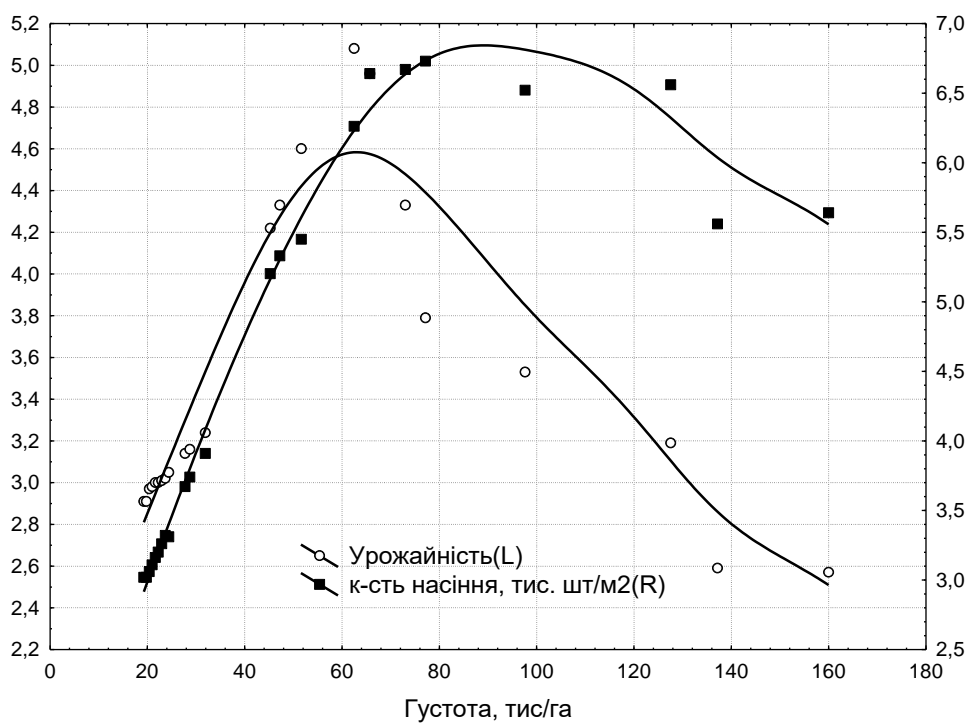
Деяко інша залежність спостерігалася на ділянках із мінімальною густиною 19,84 тис./га. Статистично суттєве скорочення висоти рослин – 17,5 см або 9,8 % мало місце на

ділянках із обробкою насіння – 24,0 см або 13,6 % при обробці вегетуючих рослин та – 29,2 см або 16,6 % у варіанті із комплексною обробкою. Загалом, із збільшенням густоти стояння рослин та рівнем конкуренції простежувалася тенденція до зменшення впливу ретардантів у варіанті із обробкою насіння та зростання (впливу) при обробці вегетуючих рослин у фазу 8–10 листків та комплексній обробці.

Важливим для розуміння процесів формування врожайності посіву при різних варіантах використання ретарданту є аналіз динаміки продуктивності рослин на градієнті густоти (рис. 6, 7). За звичайних умов (ділянки контролю) найвища урожайність 4,8–4,9 т/га формувалася у діапазоні густоти 55–65 тис. шт./га. Стабільність показника врожайності підтримувалася варіабельністю кількості насіння у кошику. При цьому зона максимального рівня насінневої продуктивності або кількості насіння, що формувалося на одиницю площі (біля 10 тис. шт./м²), перебувало у діапазоні від 60 до 140 тис. шт./м².



а



б

Рис. 6. Динаміка врожайності (т/га, шкала зліва) та насінневої продуктивності (тис. насінин/м², шкала справа) залежно від розрахункової густоти стояння рослин: а – без обробки (к), б – передпосівна обробка насіння (2018–2020 рр.).

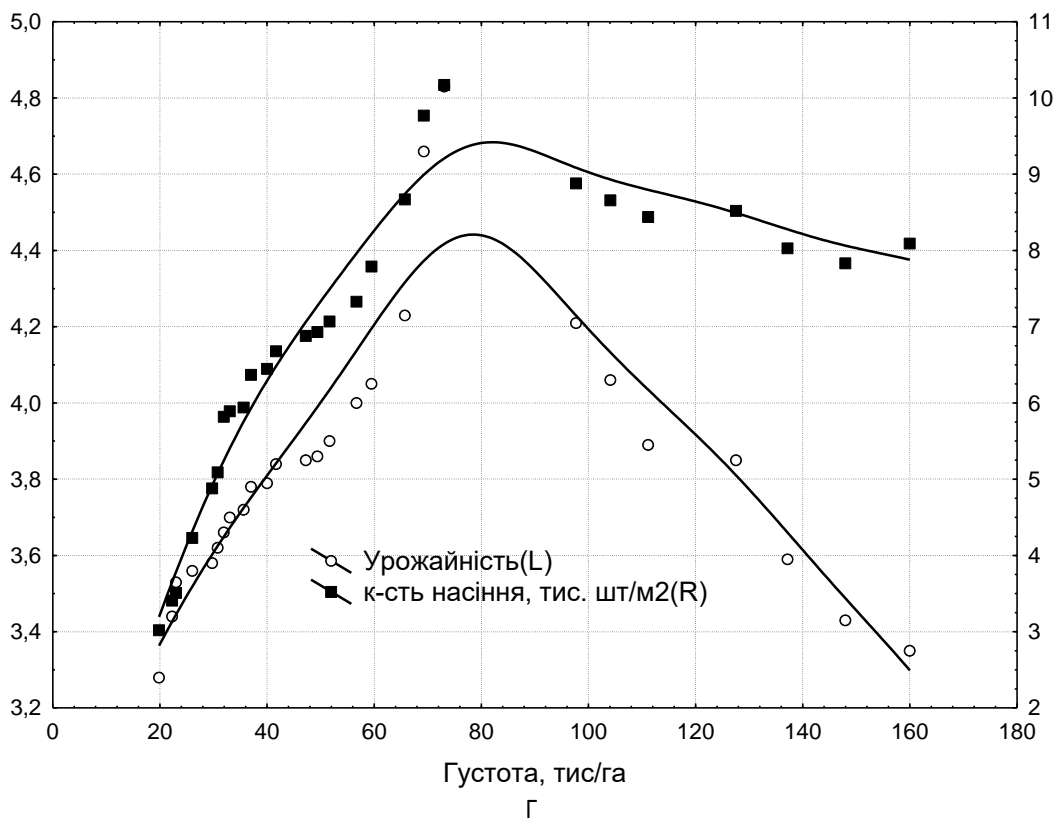
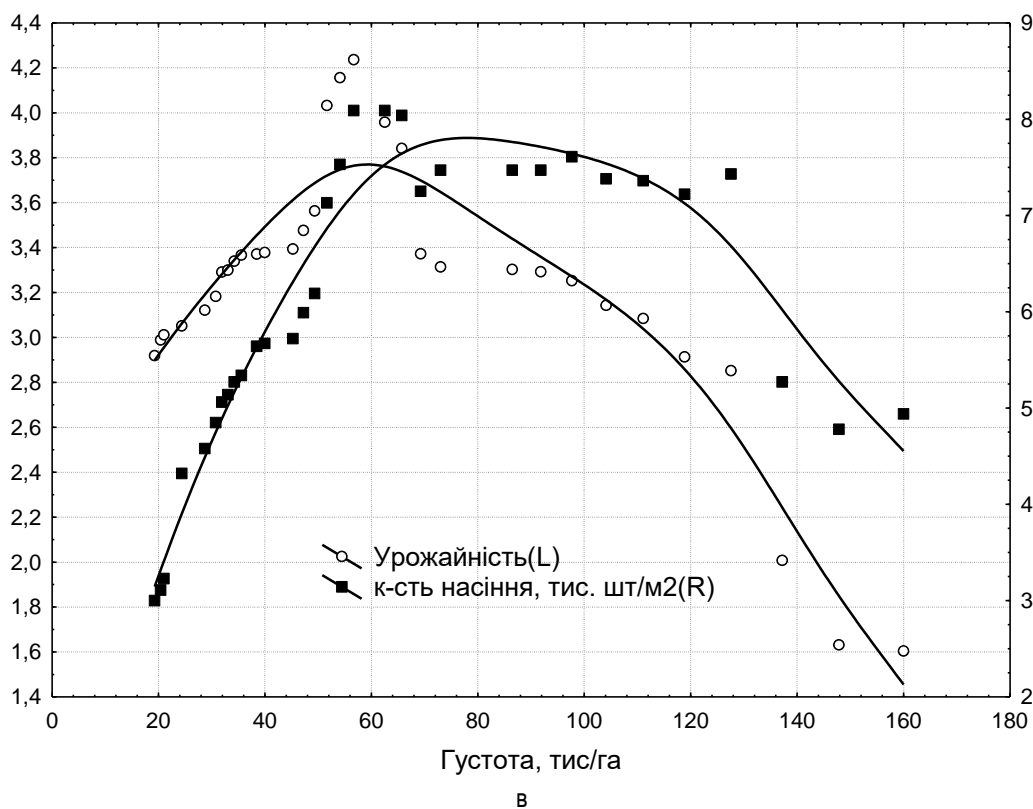


Рис. 7. Динаміка врожайності (т/га, шкала зліва) та насінневої продуктивності (тис. насінин/м², шкала справа) залежно від розрахункової густоти стояння рослин: в – обробка рослин у фазі 8–10 листків, г – комплексна обробка (обробка насіння + фаза 8–10 листків), (2018–2020 рр.).

Кожен із варіантів використання ретарданту зумовлював зміну алгоритму формування урожайності. Так, обробка

насіння забезпечувала деяке зростання показника максимальної урожайності до 5,1 т/га, однак у звуженому діапазоні густоти: 60–62 тис/га. Подібна ситуація, проте зі зниженням

врожайності до 4,0–4,2 т/га мала місце у варіанті обробки рослин у фазі 8–10 листків. Комплексна обробка не супроводжувалася зниженням максимальної врожайності. Однак цей показник (на рівні 4,9 т/га) був реалізований на відрізках із густрою біля 70,0 тис/га.

Обговорення. Враховуючи тяжіння сучасної культури соняшнику до областей із низьким рівнем вологозабезпечення, проблема використання ретардантів наразі розглядається, переважно, у контексті зональних та сортових технологій для зони північного Лісостепу та Полісся (Melnyk, 2004; Kirichenko, 2005) або умов зрошуваного землеробства (Amjed et al., 2011). Поширення високопродуктивних високорослих гібридів за умов достатнього рівня вологозабезпечення обумовлює необхідність додаткових заходів, направлених на зниження ймовірності вилягання рослин та зменшення втрат за рахунок проведення передзбиральної десикації. У цьому випадку (при використанні самохідних оприскувачів) максимальна висота рослин у посіві не повинна перевищувати 170–175 см (Trocenko & Zhatova, 2015). Таким чином, основним завданням використання ретардантів на соняшнику наразі є зниження висоти рослин, що не супроводжується суттєвим зменшенням урожайності посіву (Spitzer et al., 2011; Shevchuk & Kuriata, 2008).

Загалом, дані, отримані з горщиковою культурою соняшнику та зміни, виявлені в анатомічній будові стебла узгоджуються з дослідженнями, проведеними В. В. Рогач (Rohach, 2011) та О. А. Шевчук (Shevchuk & Kur'iat, 2007). Разом із тим, результати дослідів не виявили ефекту зростання продуктивності рослин за рахунок оптимізації розмірів стебла та посиленого розвитку кореневої системи, що відмічалось дослідниками для деяких зернових (Gatan & González, 2015), технічних (Burgel et al., 2020; Hu et al., 2014; Giridhar & Giri, 1997) та декоративних (Zhang et al., 2013) культур.

Загалом в процесі проведення досліджень було виокремлено кілька ключових позицій, що пояснювали відмінності в результатах досліджень із використанням ретардантів на соняшнику. Насамперед, це результативність обробки насіння та зміни у структурі формування продуктивності рослин.

В умовах дослідів статистично суттєве скорочення висоти рослин у варіанті із обробкою насіння було відмічено лише в умовах мінімальної конкуренції (розрахункова густина менше 27 тис. рослин/га), тобто за відсутності ефекту «втягування за світлом». В інших випадках, тобто в умовах, близьких до густоти товарних посівів і вище, різниця у довжині нижніх міжвузлів, що мала місце у ювенільних фазах онтогенезу, нівелювалася за рахунок розвитку середніх і верхніх міжвузлів. Інтенсивність цього процесу визначалася рівнем внутрішньовидової конкуренції. Це пояснює, чому позитивні результати досліджень, отримані для соняшнику та інших культур під час лабораторного пророщування насіння або із їх горщиковою культурою, як правило, не знаходили підтвердження в умовах польових дослідів та виробничих посівах (Taşkın et al., 2017; Gibbs, 2004; Cerný & Veverková, 2012).

Разом із тим, результати дослідів показали, що ефект від обробки насіння проявлявся у зміні структури продуктивності, зокрема показника кількості насіння у кошику та кількості насіння на одиниці площі, що вказує на негативний вплив препарату на процеси формування розміру суцвіть, та очікуване правостороннє (у бік збільшення) зміщення зони

оптимальної густоти посіву. Опосередковано отримані дані узгоджуються з результатами досліджень В. Грея (Gray, 2004) стосовно можливості підвищення фактичної насінневої продуктивності соняшнику за рахунок обробки рослин у фазі 4–6 листків сумішами препаратів гетероауксину та гібереліну.

Більш складними для коментування були результати, отримані у варіантах із обробкою вегетуючих рослин та комплексною обробкою за схемою «насіння + фаза 8–10 листків». Перший варіант забезпечував близький до максимального у досліді рівень скорочення висоти стебла, однак викликав зменшення показників продуктивності рослин у всьому діапазоні густот. Це зумовило статистично суттєве зниження розрахункової урожайності зі звуженням зони оптимальної густоти. Наразі, описані у науковій літературі випадки зменшення урожайності як правило стосуються результатів обробки рослин ретардантами у більш пізні фази розвитку або їх дворазової обробки, коли відбувається блокування ростових процесів протягом більшої половини вегетації (Rohach et al., 2016; Rohach, 2017). Ми вважаємо, що у нашому досліді зниження врожайності було результатом зміни конкурентних відносин у критичний для рослин період вирівнювання параметрів генеративних органів до фактичного розвитку вегетативної сфери (Zhatova, 2009).

Більш цікавим в аспекті зміни конкурентних відношень у посіві та можливостей стабілізації урожайності за рахунок збільшення густоти посіву був варіант із комплексною обробкою. Відносно тривала дія препарату Модус забезпечувала скорочення нижніх міжвузлів та зменшення потенційної продуктивності рослин (розміру суцвіть). Однак саме цей захід забезпечував зміщення початку конкурентних відносин у посіві на більш пізні фази розвитку. Додатковим фактором було блокування ростових процесів середніх та верхніх міжвузлів за рахунок обробки вегетуючих рослин. У комплексі це забезпечувало зміщення показника оптимальної густоти до 70–75 тис./га, що у технологічному відношенні відповідало параметрам вирощування ультра-ранньостиглих гібридів із висотою стебла 155–165 см. Таким чином, саме варіант комплексної обробки, за умов оптимізації густоти посіву, є найбільш прийнятним для вирощування високорослого гібриду Хорал.

Висновки. Отримані дані значною мірою пояснюють існуючі наразі протиріччя у результатах досліджень щодо впливу ретардантів на динаміку росту, алгоритм формування продуктивності та врожайність культур із низьким рівнем саморегуляції густоти посіву. За результатами досліджень із горщиковою культурою соняшнику в умовах контрольованого середовища та дослідження змін анатомічної будови гіпокотилу рослин визначено, що максимально очікуваний рівень зниження висоти рослин, за рахунок зменшення показника прозенхімності клітин, може складати біля 30 %.

Фактичний рівень зменшення висоти стебла рослин визначається фазою розвитку рослин та рівнем внутрішньовидової конкуренції у посіві. Ефект зростає при комбінованому використанні ретардантів та зі збільшенням густоти стояння рослин. Фактором зниження врожайності посівів є зміни в структурі продуктивності рослин, що супроводжуються звуженням та зміщенням діапазону показників оптимальної густоти посіву.

Бібліографічні посилання:

1. Amjed, A., Muhammad, A., Ijaz, R., Safdar, H. & Matlob, A. (2011) Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistan. International Conference on Food Engineering and Biotechnology IPCBEE, IACSIT Press, Singapore, 9, 317–322.
2. BURGEL, L., Hartung, J., Schibano, D. & Graeff, S. (2020). Impact of Different Phytohormones on Morphology, Yield and Cannabinoid Content of *Cannabis sativa* L. *Plants*, 9, 725. doi: 10.3390/plants9060725
3. Carenko, O. M., Zlobin, Ju. A., Skljär, V. G. & Panchenko, S. M. (2000). Kompjuterni metodi v silskomu gospodarstvi ta biologii [Computer Methods in Agriculture and Biology]. Universitetska kniga, Sumi (in Ukrainian).
4. Cerný, I. & Veverková, A. (2012) Production parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by weather conditions and foliar application of Pentakeep-V and Atonik. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1(1), 887–896.
5. Da Costa Ferreira Júnior Domingos, Luiz Gonçalves Machado Jorge, Alves Silva Polianna, & Ferreira de Souza Monique (2016). Sunflower seed treatment with growth inhibitor: Crop development aspects and yield. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 3182–3187. doi: 10.5897/AJAR2016.11296
6. Hrytsaienko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P. & Leontyuk I. B. (2008) Biologichno aktivni rechovyny v roslynnystvi [Biologically active substances in crop production], ZAT «NICH LAVA», Kyiv (in Ukrainian).
7. Hu, S., Zhang, Y., Yu, H., Lin, B., Ding, H., Zhang, D., Ren Y. & Fang, Z. (2014). Paclobutrazol Application Effects on Plant Height, Seed Yield and Carbohydrate Metabolism in Canola. *Int. J. Agric. Biol.*, 16(3), 471–479.
8. Ernst, D., Kovár, M. & Černý, I. (2016). Effect of two different plant growth regulators on production traits of sunflower Vplyv dvoch rôznych rastlinných regulátorov rastu na produkčné ukazovatele slnečnice ročnej urnal of Central European Agriculture, *Journal of Central European Agriculture*, 17(4), 998–1012. doi: 10.5513/JCEA01/17.4.1804
9. Espindula, M. C., Rocha, V. S., Gross, J. A. S., Souza, M. A., Souza, L. T. & Favarato, L. F. (2009). Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*, 27, 2379–2387. doi: 10.1590/S0100-83582009000200022
10. Gatan, M. G. B. & González, V. D. M. (2015) Effect of different levels of paclobutrazol on the yield of Asha and Farmer's Variety of Peanut. *JPAIR Multidis. Res.* 2,1. doi: 10.7719/jpair.v2i1i.324
11. Gibbs, M. (2004) Effect of light intensity on the distribution of C14 In sunflower leaf metabolites during photosynthesis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 45(1), 156–160.
12. Giridhar, K. & Giri, G. (1997) Influence of chlormequat chloride (CCC) and phosphorus on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea*) during the summer season in North West India. *Journal of Agricultural Science*, 129, 303–306. doi: 10.1017/S002185969700467X
13. Gray, W. M. (2004) Hormonal regulation of plant growth and development. *PLoS Biology*, 2, 311. doi: 10.1371/journal.pbio.0020311
14. Ibrahim, H. M. (2012) Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia*, 4, 175–182. doi: 10.1016/j.apcbee.2012.11.030
15. Kheybari, M., Daneshian, J., Rahmani, H. A., Seyfzadeh, S. & Khiavi, M. (2013) Response of sunflower head characteristics to PGPR and amino acid application under water stress conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(8), 1760–1765.
16. 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
17. Kuriata V.H., Tkachuk O. O. & Rohalska L. M. (2006). Vmist krokhmalu ta riznykh form tsukriv u bulbakh kartopli pry vykhodi iz stanu spokoju za dii retardantiv [The content of starch and various forms of sugars in bubble potatoes when brought from a state of rest for the action of retardants]. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Biologichni nauky*, 1, 95–99 (in Ukrainian).
18. Lakin, G. F. (1980). *Biometrija* [Biometrics]. Vysshaja shkola, Moscow (in Russian).
19. Shevchenko, A. O. & Tarasenko, V. O. (1998). Regulatori rostu. Principovo novij visokoefektivnij element sil'skogospodars'kih tehnologij [Growth regulators. A fundamentally new high-performance element of agricultural technology]. *Zahist roslin*, 1, 17–19 (in Ukrainian).
20. Tahsin, N. & Kolev, T. (2006) Investigation on The Effect of Some Plant Growth Regulators on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 3(2), 229.
21. Melnik, A. V. (2004). Porivnjalnij analiz koreljacij morfologichnih oznak ta produktivnosti sonjashniku [Comparative analysis of correlations of morphological features and sunflower productivity]. *Visnik Sums'kogo NAU*, 1(8), 82–84 (in Ukrainian).
22. Rohach, V. V. (2011) Vplyv khlormekvatkhlorodyu na produktyvnist ta yakist produktsii ozymoho ripaku [Influence of chlormequat chloride on productivity and quality of winter rapeseed products]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrranoho universytetu. Seriya : Silskohospodarski nauky*, 8(48), 43–49 (in Ukrainian).
23. Rohach, V. V., Poprotska, I. V. & Kur'iata, V. H. (2016) Diia hiberelinu i retardantiv na morfogenezu, fotosyntetychnyj aparat ta produktyvnist kartopli [Effect of gibberellin and retardants on morphogenesis, photosynthetic apparatus and potato productivity]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biologhiia, ekolohiia*. 24(2), 416–420 (in Ukrainian).
24. Rohach, V. V. (2017). Dynamika nakopychennia i pererozpodilu riznykh form vuhlevodiv v orhanakh roslyn tomativ za dii rehulatoriv rostu [Dynamics of accumulation and redistribution of various forms of carbohydrates in the organs of tomato plants for the action of growth regulators]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu. Seriya: Biologhiia*, 1(68), 70–76 (in Ukrainian).

25. Spitzer, T., Matusinsky, P., Klemová, Z. & Kazda, J. (2011). Management of sunflower stand height using growth regulators. *Plant Soil and Environment*, 57(8), 357–363. doi: 10.17221/75/2011-PSE
26. Shevchuk, O. A. & Kuriata, V. H. (2008) Osoblyvosti nasinnievoi produktyvnosti roslyn tsukrovoho buriaka pry obrobtsi kvitkonosnykh pahoniv retardantamy [Features of seed productivity of sugar burkak plants at processing of flower shoots by retardants]. *Naukovi zapysky TNPU im. V. Hnatiuka. Seriya: Biologhiia*, 2(36), 42–46. (in Ukrainian)
27. Shevchuk, O. A. & Kuriata, V. H. (2007) Nakopychennia ta pererozpodil elementiv mineralnogo zhyvlennia u vehetatyvnykh orhanakh roslyn tsukrovoho buriaka za dii retardantiv [Accumulation and redistribution of mineral nutrients in the vegetative organs of sugar beet plants under the action of retardants]. *Zbirnyk naukovykh prats VDPU*, 32, 18–26. (in Ukrainian).
28. Taşkın, P., Ozer, H., Öztürk, E. & Sefaoğlu, F. (2017). Effects of mepiquat chloride applications on non-oilseed sunflower. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 41, 472–479. doi: 10.3906/tar-1705-77
29. Trocenko, V. I. & Zhatova, G. O. (2015). Etapi formuvannja produktyvnosti roslin ta urozhajnist posiviv sonjashniku [Stages of formation of plant productivity and yield of sunflower crops]. *Visnik centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivskoi oblasti*, 18, 165–173 (in Ukrainian).
30. Zhang, W., Xu, F., Cheng, H., Li, L., Cao, F. & Cheng, S. (2013). Effect of Chlorocholine Chloride on Chlorophyll, Photosynthesis, Soluble Sugar and Flavonoids of Ginkgo biloba. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 97–103. doi: 10.15835/nbha4118294
31. Zhatova, H. O. (2009). *General seed studies*. University Book, Sumy, 272 (in Ukrainian).

Trotsenko V. I., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Zhatova H. O., PhD (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Yatsenko V. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Kolosok I. O., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

INFLUENCE OF RETARDANTS ON PLANT GROWTH AND SUNFLOWER YIELD STRUCTURE

The results of laboratory and field experiments to study the reaction of sunflower plants to the use of retardant Moddus are covered in the article.

The research was carried out within the the program for the development of variety model for the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe and Polissya of Ukraine, (state registration number of 0116U001506). This program was implemented in 2016–2020 at the Institute of Agriculture of North-Eastern Ukraine and Sumy National Agrarian University

In an experiment with pot culture of sunflower, it was found that the treatment of seeds with retardant provided a reduction in the length of the hypocotyl from 35.4 ± 3.60 to 24.52 ± 2.80 mm. In the anatomical structure there was a decrease in cell prosenchyme from 7.1 to 4.6 and an increase in cell wall thickness from 2.4 ± 0.21 to 3.1 ± 0.28 μ m. According to the results of changes in the anatomical structure of the plant hypocotyl, it was determined that the maximum level of stem contraction due to the reduction of cell prosenchyma was about 30 %.

In the conditions of a field experiment with a wedge-shaped arrangement of rows, changes in stem height and yield formation algorithm depending on the level of intraspecific competition were investigated. The study was conducted in the density range from 20 to 160 thousand pieces plants / ha, variants with seed treatment, treatment of vegetative plants, and combined use of retardant were studied.

Seed treatment with Moddus provided statistically significant reduction in plant height only in areas with minimum level of intraspecific competition.

The highest effect of reducing plant height – from 209.3 to 166.5 and 159.8 cm - was observed in areas with maximum sowing density (160 thousand plants / ha) in variants with treatment of vegetative plants in the phase of 8–10 leaves or with complex treatment according to the scheme “seeds + phase of 8–10 leaves”.

It is established that the actual level of stem height reduction is determined by the phase of plant development and the level of intraspecific competition in sowing. The effect increased with the combined use of retardant and with increasing plant density. The factor of yield reduction was changes in the structure of plant productivity, accompanied by a narrowing and shifting of the range of indicators of optimal sowing density

Key words: sunflower, yield formation algorithm, crop structure, retardants, intraspecific competition.

Дата надходження до редакції: 10.03.2021 р.