



УДК: 581.1:581.8

МОРФОЛОГІЯ СТЕБЛА ТА ВАСКУЛЯРНА АНАТОМІЯ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH. ЗА ДІЇ РЕТАРДАНТУ ХЛОРХОЛІНХЛОРИДУ

ОЛЕКСАНДР Є. СМІРНОВ *, АНАТОЛІЙ М. КОСЯН, ОКСАНА І. КОСИК, НАТАЛІЯ Ю. ТАРАН

Анотація. Досліджено вплив різних концентрацій ретарданту хлорхолінхлориду на довжину гіпокотила та першого міжвузля рослин гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* Moench.). Встановлено, що передпосівна обробка рослин гречки хлорхолінхлоридом призводила до зменшення довжини стебла, викликала ранню інтенсивну лігніфікацію провідних та механічних елементів, збільшувала кількість та розмір судинно-волоконистих пучків, що може бути пов'язано з функціональними перебудовами на рівні донорно-акцепторних зв'язків між органами рослин.

Ключові слова: *Fagopyrum esculentum*, хлорхолінхлорид (ССС), гіпокотиль, міжвузля, провідні пучки, лігніфікація

Навчально-науковий центр «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кафедра фізіології та екології рослин, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна; * plantaphys@gmail.com

Вступ

Механізм дії синтетичних регуляторів росту групи ретардантів протилежний природним і синтетичним стимуляторам – гіберелінам, ауксином, кінінам, брасіностероїдам (ТАВАТАВАЕІ & АКНГАІ 2014). Відкриття високої ретардантної активності та вибірковості дії у похідних групи четвертинних амонійних солей виявилось потужним поштовхом для синтезу великої кількості сполук та розширення ряду речовин з ретардантними властивостями. Первинні випробування цих сполук дозволили не тільки виділити найбільш ефективні препарати, але й встановити загальні закономірності залежності фізіологічної активності від будови діючої молекули (ГАФУРОВ И ЗЕФИРОВ 2007).

За своїм хімічним складом та будовою група синтетичних регуляторів росту ретардантів об'єднує різноманітні сполуки. Одним з найбільш вживаних серед них є – хлорхолінхлорид (ССС, $[(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_6\text{ClCl}^-]$). ССС пригнічує розтягування клітин стебел під час їх росту, спрямовуючи поділ клітин у поперечному

напрямку, блокує в організмі рослин синтез гібереліну, що стимулює витягування стебел, не заподіюючи шкоди іншим фізіологічним процесам (NORTN *et al.* 2010).

Найбільш широке застосування ССС має у плодово-ягідному садівництві, він значно підвищує продуктивність культур, підвищує морозостійкість. А також використовується для обробки зернових культур для запобігання передчасному вилягання (VENNETT *et al.* 2012). В ході досліджень на рослинах *Hordeum vulgare* L. виявлено, що підвищення стійкості до вилягання відбувається за рахунок вкорочення перших міжвузель, потовщення механічних тканин та збільшення кількості провідних елементів (СТЕПАНЮК 2010).

Метою даної роботи було виявити механізми дії ССС на структурно-функціональному рівні – вивчити вплив різних концентрацій ССС на морфологію стебла та виявити анатомічні зміни у тканинах стебла і черешків листків рослин гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* Moench.) за дії діапазону обраних концентрацій ретарданту.

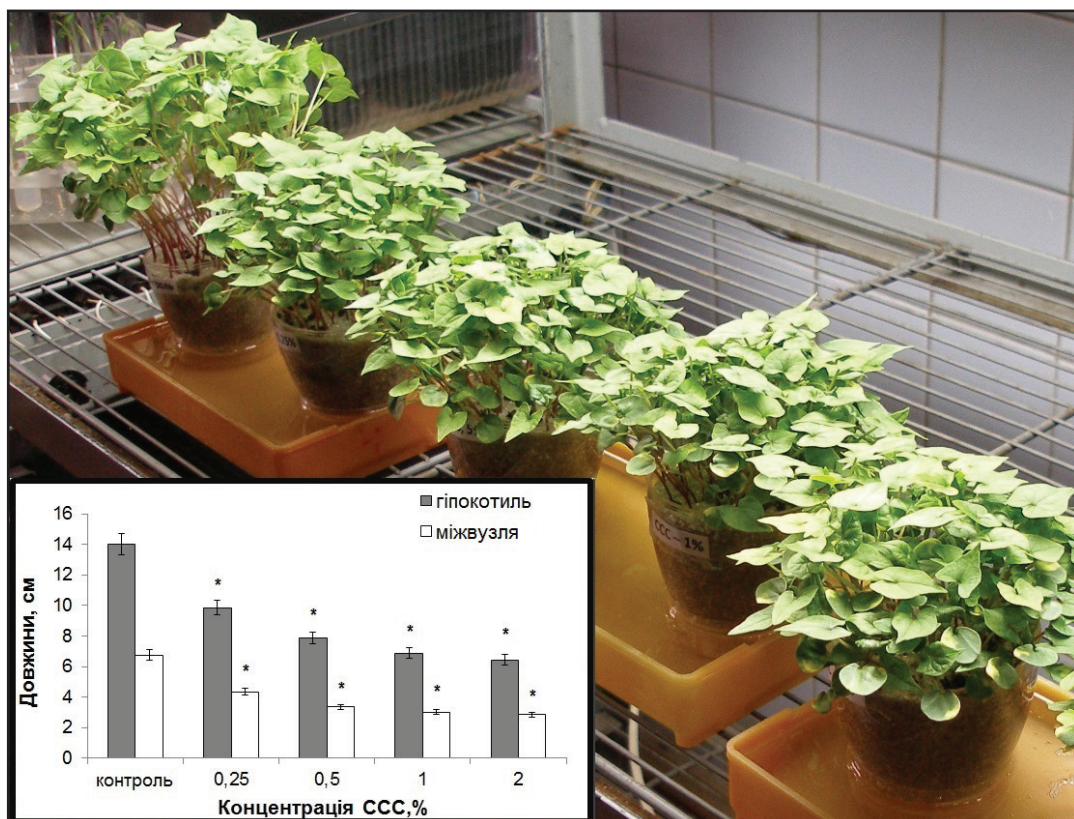


Рис. 1. Довжини гіпокотилів та першого міжвузля рослин *Fagopyrum esculentum* за дії різних концентрацій хлорхолінхлориду: * – різниця порівняно з контролем статистично значуща за $p \leq 0,05$.

Fig. 1. Hypocotyl and first internode lengths of *Fagopyrum esculentum* plants at different chlormequat chloride concentrations: * – significant difference at $p \leq 0,05$.

Матеріали і методи досліджень

Насіння гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum* cv. *Rubra*) пророщували в термостаті на змоченому ССС у концентраціях 0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% на фільтрувальному папері у чашках Петрі впродовж 48 годин у темряві та за температури 25°C. Контролем слугували рослини, насіння яких було замочено у дистильованій воді. Дводенні проростки пересаджували у ґрунт. Рослини вирощували в контрольованих умовах освітлення, температури у атмосфері (25°C) та фотоперіоду (16 годин при щільності квантів світлового потоку ≈ 200 мкмоль \cdot м $^{-2}$ ·с $^{-1}$).

Виміри довжини гіпокотилів та першого міжвузля і мікроскопічне дослідження

зрізів стебла та черешка листка проводили на третій тиждень вегетації рослин. Для виявлення лігніну використовували кольорову реакцію з сірчаноокислим аніліном (VERMERRIS & NICHOLSON 2006). Зрізи були розглянуті під світловим мікроскопом Leitz Wetzlar SM-LUX (Germany) при $\times 250$ збільшенні та сфотографовані фотоапаратом Nikon Coolpix L21.

Статистичну обробку результатів проводили шляхом дисперсійного однофакторного аналізу з використанням *t*-критерію Стюдента за $p \leq 0,05$ і програми «Microsoft Excel 2010». Кількість біологічних повторів та аналітичних повторностей у досліді – не менше трьох, загальна вибірка – 300 рослин.

Результати та їх обговорення

Особливістю дії ретарданту хлорхолінхлориду на рослини є потовщення і зміцнення стебла, припинення клітинами росту розтягуванням (ТАВАТАВАЕІ & АНГАРИ 2014). В ході експерименту нами відзначено зменшення довжин гіпокотила та першого міжвузля у рослин *F. esculentum* із зростанням концентрації ретарданту. Вивчаючи вплив ССС на рослини гречки можна простежити чітку тенденцію зменшення довжин гіпокотила та першого міжвузля при збільшенні концентрації діючої речовини. Зокрема, найбільш інгібуючий вплив мала 2% концентрація ретарданту. При обробці насіння *F. esculentum* цією концентрацією ССС, довжина гіпокотила досліджуваних рослин зменшилася на 60%, а довжина першого міжвузля – на 65% (Рис. 1).

ССС виступає індуктором адаптивних реакцій на морфологічному рівні, також передпосівна обробка рослин регулятором росту викликає фізіологічні перебудови на функціональному рівні – збільшується вміст усіх груп фотосинтетичних пігментів (KUZNETSOV *et al.* 1992). Такі перебудови тісно пов'язані зі структурними модифікаціями, які відбуваються під дією ретарданту.

Наші дослідження показали, що передпосівна обробка рослин найбільш ристингібуючою концентрацією (2%) призводить до ранньої та інтенсивнішої лігніфікації клітин у складі провідної та механічної тканини. За даними літератури інтенсифікація лігніфікації може мати прямий зв'язок із змінами активності ензиму біосинтезу попередників лігніну – фенілаланін аміак-ліази та опосередкований зі зв'язаною з клітинною стінкою пероксидазою. Обидва ензими беруть участь у вторинних перебудовах клітинних стінок за участі лігніну (MISHALAK, 2006).

Анатомічні зміни в пагонах рослин, оброблених ретардантом у концентрації 2%, супроводжувалися посиленням відкладанням лігніну. Підвищеної лігніфікації зазнавали як

провідні, так і механічні елементи ксилеми. Також нами відмічені зміни у кількості і ксилемних, і флоемних елементів у складі судинно-волокнистих пучків стебла (Рис. 2).

На підставі аналізу отриманих мікроскопічних зрізів, можна припустити існування закономірності – основа пагона відрізняється від верхівки більшою площею ксилемної зони, яка поступово зменшується з підвищенням ярусності. Під впливом ристингібуючих концентрацій ССС у плодкових дерев відбувається прискорене формування ксилемних елементів. Ретардант сприяє не тільки більш швидкому формуванню провідних пучків, але й покращує їх розвиток. Збільшення флоемних елементів судинно-волокнистих пучків може бути пов'язано з інтенсифікацією процесу фотосинтезу та збільшенням вмісту фотосинтетичних пігментів. Отже, стебла дослідних рослин під впливом ССС формують значно більшу кількість провідних елементів ніж контрольні. Проведені нами мікроскопічні дослідження зрізів черешка листка *F. esculentum* підтверджують цей факт (Рис. 3).

Черешки контрольних рослин (А) мають лише один центральний судинно-волокнистий пучок. В черешках листків дослідних рослин, оброблених 1% ССС, на третій тиждень вегетації починає формуватися другий центральний провідний пучок (Б). На зрізах черешків листків рослин оброблених 2% ССС добре помітні три відокремлених центральних пучка, розділених паренхімною тканиною (В).

Збільшення кількості провідних елементів у черешках листків може бути пов'язано з посиленням фотосинтетичної активності, потребою у перерозподілі потоків фотоасимілятів та зміною «запиту» атрагуючих центрів. Такі структурні перебудови можуть бути направлені на підтримання балансу у донорно-акцепторних взаємодіях між органами рослини.

Висновки

На підставі проведених досліджень можна стверджувати, що морфометричні

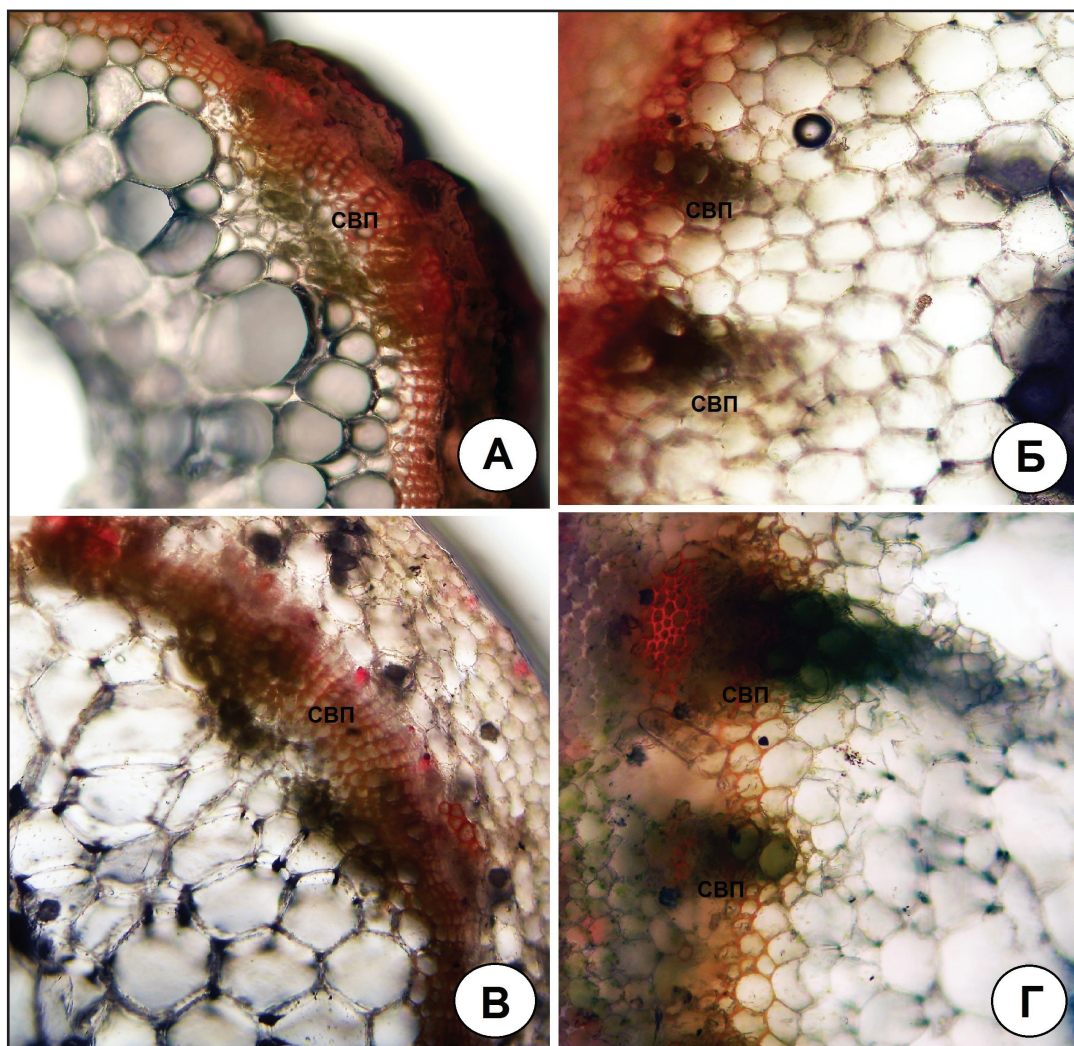


Рис. 2. Вплив хлорхолінхлориду на розвиток провідних елементів стебла *Fagopyrum esculentum*: **А** – перше міжвузля контрольних рослин; **Б** – друге міжвузля контрольних рослин; **В** – перше міжвузля за дії 2% ССС; **Г** – друге міжвузля за дії 2% ССС. СВП – судинно-волокнистий пучок.

Fig. 2. Effect of chlormequat chloride on development of conducting elements in *Fagopyrum esculentum* stem: **A** – first internode of control plants; **Б** – second internode of control plants; **В** – first internode under 2% CCC action; **Г** – second internode under 2% CCC action. СВП – vascular bundle.

та структурно-функціоналіні перебудови стебла та черешків рослин *F. esculentum* за дії ССС беруть участь у підвищенні стійкості до передчасного вилягання рослин. Механізми формування стійкості подібні до тих, що були досліджені на злакових. Крім цього, зміни на рівні морфо- і гістогенезу – вкорочення гіпокотилія та першого міжвузля, збільшення кількості та розмірів судинно-волокнистих пучків у відповідь на обробку ССС можуть

бути пов'язані зі змінами у метаболізмі рослин та підтриманням донорно-акцепторної рівноваги.

Використані джерела

Гафуров Р.Г., Зефіров Н.С. 2007. Роль молекулярної структури фіторегуляторів в восприятті хімічного сигналу рецепторами гормональних систем рослин. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Хімія* **48 (1):** 60–68.

СТЕПАНЮК Г.Я. 2010. Изменчивость анатомических признаков стебля ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях лесостепи Кемеровской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кемерово.

BENNETT J.T., VIRGONA J.M., MARTIN P.J., O'CONNELL P. 2012. Effects of plant growth regulators that reduce stem height on yield of wheat in southern Australia. *Materials of 16th Australian Agronomy Conference*: 56–59.

KUZNETSOV E.D., VASILENKO V.F., KRESLAVSKI V.D. 1992. Stimulation effects of short-time red light and plant growth retardant on greening and formation of photosynthetic apparatus in wheat seedlings. *Plant Physiol. Biochem.* **30**: 559–564.

MICHALAK A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish J. Environ. Stud.* **15** (4): 523–530.

NORTH J.J., LAUBSCHER C.P., NDAKIDEMI P.A. 2010. Effect of the growth retardant Cycocel® in controlling the growth of *Dombeya burgessiae*. *Afr. J. Biotechnol.* **9** (29): 4529–4533.

ТАВАТАБАЕИ S.S.M., АКХГАРИ Н. 2014. The investigation of growth reducer Cycocel effect on yield and some quantitative characteristics of rice (*Oryza sativa*) at different nitrogen levels. *Int. J. Farm. Allied Sci.* **3** (2): 197–202.

VERMERRIS W., NICHOLSON R. 2006. Phenolic compound biochemistry. Springer Science + Business Media V.B.

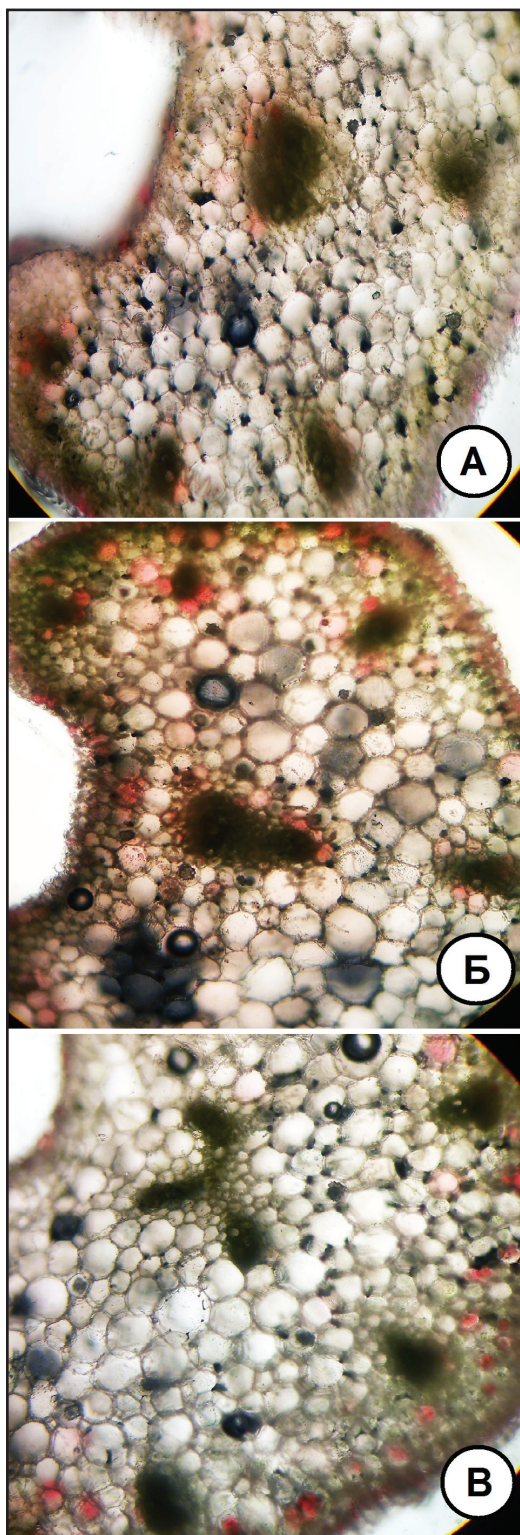


Рис. 3. Вплив хлорхолінхлориду на провідні елементи черешка *Fagopyrum esculentum*: А – контроль; Б – 1% концентрація ССС; В – 2% концентрація ССС.

Fig. 3. Effect of chlormequat chloride on conducting elements in *Fagopyrum esculentum* petiole: А – control; Б – 1% CCC; В – 2% CCC.

**STEM MORPHOLOGY AND VASCULAR ANATOMY OF *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.
UNDER RETARDANT CHLORMEQUAT CHLORIDE ACTION**

OLEKSANDR E. SMIRNOV *, ANATOLIY M. KOSYAN, OKSANA I. KOSYK, NATALIA YU. TARAN

Abstract. Effects of different concentrations of retardant chlormequat chloride on hypocotyl and first internode lengths of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) were investigated. It was established that treatment of buckwheat plants with chlormequat chloride before presowing led to: reduction of stem length, activation of early and intensive lignification of vascular and mechanical elements, increasing number and size of vascular bundles in correlation with functional reconstructions on donor-acceptor connections of plant organs.

Key words: *Fagopyrum esculentum*, chlormequat chloride (CCC), hypocotyl, internode, vascular bundles, lignification

Taras Shevchenko National University of Kyiv, ESC "Institute of Biology", Plant Physiology and Ecology Department, 64/13, Volodymyrska str., 01601 Kyiv, Ukraine; * plantaphys@gmail.com