

**Список використаної літератури.** 1. Aparajita Dey, Arthur I. Alcohol and oxidative liver injury // Cederbaum Hepatology. – 2006. – V. 43. – P. 63–74. 2. Лінський І. В., Мінко О. І., Первомайський Е. Б. і др., Прогнозування епідемії залежності від психоактивних речовин в Україні засобами популяційної екології // Новини української психіатрії. – Харків. – 2006. – №3. – 46 с. 3. Дереча Л. М. Алкоголь та його дія на організм: огляд літератури // Вісник Харківського національного університету. – 2007. – Вип. 6. – №788. – С. 7–16. 4. Халилов М. Х., Закирджаяв Ш. Я. К характеристике некоторых патохимических сдвигов в крови, тканях печени и головного мозга при экспериментальной алкогольной интоксикации // Вопросы клиники алкоголизма: Сб. науч. тр., Ташкент. – 1983. – С. 38–41. 5. Hannuksela, M. L., Lisanantti, M. K., Nissinen, A. E., & Savolainen, M. J // Biochemical markers of alcoholism. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. – 2007. Vol. 45, P. 953–961. 6. Горюшкин И.И. Алкоголизм: механизмы изменения активности гамма-глутамилтранс-

феразы и аспаратаминотрансферазы и возможность предотвращения жировой инфильтрации печени // Вопр наркол 2001; 1: 60–66. 7. King G.L., Loeken M.R. Hyperglycemia-induced oxidative stress in diabetic complications // Histochem. Cell Biol. – 2004. – Vol. 122, № 4. – P. 333–338. 8. Hemmings S.J., Spafford D. Neonatal STZ model of type II diabetes mellitus in the Fischer 344 rat: characteristics and assessment of the status of the hepatic adrenergic receptors // Int. J. Biochem. Cell Biol. – 2000. – Vol. 32. – P.905–919. 9. Niemelä O., Alatalo P. // Biomarkers of alcohol consumption and related liver disease. Scand J Clin Lab Invest. – 2010 – Vol. 70. (5):305–12. 10. Сирото Т.В. Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использования его для измерения активности супероксиддисмутазы // Вопросы мед. клин. – 1999. – № 3.

Надійшла до редколегії 01.10.12

УДК 574:64

Б. Серебрянников, студ., В. Гандзюра, д-р біол. наук, М. Алексієнко, інж.

## СУМІСНИЙ ВПЛИВ КАДМІЮ І КОЛИВАНЬ СОЛОНОСТІ НА МОЛОДЬ ГУПИ

**Встановлено пригнічення ростових і продукційних процесів, а також взаємодії між особинами мальків гупи за сумісного впливу іонів кадмію і коливань солоності. Коливання солоності частково перешкоджають накопиченню кадмію в тілі. Обидва фактори характеризуються доповнюючим впливом на ростові та продукційні показники.**

**Ключові слова:** іони кадмію, коливання солоності, продукційні процеси.

**Установлено угнетение ростовых и продуктивных процессов, а также взаимодействия между особями мальков гупы в условиях совместного влияния ионов кадмия и колебаний солёности. Колебания солёности частично препятствуют накоплению кадмия в организме. Оба фактора характеризуются дополняющим влиянием на ростовые и производственные показатели.**

**Ключевые слова:** ионы кадмия, колебания солёности, продукционные процессы.

**Depression of growth and production processes, as well as of social interactions in guppy fry under the combined influence of salinity oscillations and cadmium ions was observed. Salinity oscillations partially inhibit cadmium accumulation within the body. Both factors affect growth and production indices additively.**

**Keywords:** cadmium ions, salinity fluctuations, production processes.

**Вступ.** Відомо, що для організму можна виділити оптимальне значення чинника навколишнього середовища, за якого життєдіяльність особини протікає найкращим чином, а також значення, за яких життєдіяльність поступово згасає в міру віддалення від оптимуму. Крайні значення фактора в такому разі обмежують т. з. діапазон толерантності даного виду до даного фактора [6]. Втім, очевидно, що не дивлячись на вірогідну справедливості закономірностей розвитку організмів за постійних значень факторів середовища, нормою існування більшості видів гідробіонтів є коливання значень цих факторів. Через це залежності стану організму від сталих значень факторів, строго кажучи, неможливо застосувати для оцінки його стану в реальних умовах змінного середовища, за винятком тих організмів, які живуть за відносно постійних чи таких, що повільно змінюються, умов [9].

Ще у 30-40-х рр. XX ст. було відомо, що обмін речовин і активність гідробіонтів підлягає добовим коливанням [4]. Подальші дослідження, які тривають і до теперішнього часу, розширюють коло знань з даної проблеми. Завдяки працям наукових шкіл О.С. Константинова та його послідовників – В.А. Кузнецова і В.Б. Вербицького – класичні уявлення були доповнені концепцією астатичного оптимуму, згідно якої оптимум – не стаціонарний стан середовища, а різноманіття в межах екологічної валентності виду. Вірогідно, перебудова метаболізму і надкомпенсація витрат на адаптацію призводять до надлишкового анаболізму, і, як наслідок, до прискорення росту та розвитку, до оптимізації життєдіяльності організму в цілому [9, 10].

Проблемі впливу коливань факторів зовнішнього середовища з періодом від кількох годин до кількох діб присвячені переважно дослідження, пов'язані із вивченням динаміки популяцій у середовищах, в яких спостерігаються такі коливання [4]. Це приливно-відпливні літоральні зони, естуарії та "вологі території" (wetlands) – марші, мангрові болота тощо. В таких екосистемах амплітуда коливань факторів середовища зазвичай значно перевищує оптимальний діапазон для

організмів, а тому і результати досліджень відображають динаміку популяцій організмів в умовах коливань, загалом несприятливих для розвитку. Відповідні експерименти з поміщення дослідних тварин в умови змінних значень показників навколишнього середовища констатували, що змінний режим є менш оптимальним для організму, аніж постійні значення зовнішніх чинників. Навіть беручи до уваги, що організми в результаті природного добору набули деякої відповідності коливанням в навколишньому середовищі, така відповідність все ж вважається компромісом між пристосованістю і здатністю виживати [6].

Важливо, що дослідження впливу факторів зовнішнього середовища на організм і його стресових станів проводять головним чином за впливу одного чинника. В літературі практично відсутні відомості щодо оцінки функціонального стану організму за сумісної дії кількох чинників зовнішнього середовища. Що стосується сумісного впливу коливань різних чинників, то, за певними даними (Константинов, усне повідомлення), такі експерименти проводилися, але їх результати не отримали коректної інтерпретації і тому не були опубліковані.

Оскільки важкі метали, зокрема кадмій, залишаються одними із найпоширеніших забруднювачів у водних екосистемах, надзвичайно важливо з'ясувати їхній вплив на живі організми у взаємодії з іншими факторами середовища.

**Метою роботи** було оцінити показники продукції і взаємодії між особинами мальків гупи за впливу іонів кадмію, коливань солоності та за сумісного впливу цих чинників.

**Матеріали і методи.** В дослідженні було використано 120 мальків гупи *Poecilia reticulata* Peters 1-2 місячного віку, одержаних з одного потомства. Риб було розподілено на 4 групи. В першій – контрольній – риб утримували у прісній воді без додавання кадмію. У другій групі солоність змінювали кожні 3 доби шляхом повної заміни води із солоністю, що становила 0‰ та 5‰ NaCl поперемінно. У воду, в якій утримували риб третьої групи, додавали 0,01 мг/л (2 ГДК<sub>пр</sub>) Cd<sup>2+</sup>, пригото-

ваного зі стандартного розчину  $\text{CdCl}_2$  концентрацією 1 г  $\text{Cd}^{2+}$ /л. Четверту групу риб піддавали одночасному впливу іонів кадмію і коливань солоності (коливання солоності і концентрація  $\text{Cd}^{2+}$  відповідали описаним вище). В усіх групах повну заміну води проводили кожні 3 доби. Період освітлення становив 12 год. До 1 акваріуму об'ємом 10 л поміщали 10 особин. Досліди виконано у 3 повторах. Тривалість експерименту 21 доба.

Наприкінці експерименту в мальків визначали абсолютну довжину тіла  $L$ , стандартну довжину тіла  $l$  і найбільшу висоту тіла  $H$  відповідно до загальних рекомендацій, даних у [10]. Заміри проводилися під бінокулярним мікроскопом МБС-9 за допомогою окулярного мікрометра.

Масу риб вимірювали на лабораторних терезах 4-го класу (ГОСТ 24104-1988). Вимірювання проводили наступним чином: у хімічну склянку набирали 50 мл води, зважували її, потім сачком відловлювали одну особину з акваріума, опускали сачок з мальком на фільтрувальний папір для попередження потрапляння додаткової води у склянку і поміщали малька із сачка у хімічну склянку із водою. Зважували її, і масу малька обчислювали як різницю мас склянки з водою і мальком і склянки лише з водою.

Суху масу визначали як частку маси риби після її висушування протягом 24 год. за  $105^\circ\text{C}$  у сушильній шафі від сирої маси риби.

Добовий приріст маси визначали як різницю маси особини наприкінці експерименту і середньої маси мальків даної групи на початку досліджу, віднесену до кількості діб. Питомий добовий приріст визначали як відношення приросту маси до маси особини риби наприкінці періоду [8].

Питому швидкість росту визначали за формулою [6]:

$$g = \frac{\ln m_2 - \ln m_1}{t},$$

де  $m_1$  – середня маса тіла малька на початку періоду,  $m_2$  – маса тіла малька наприкінці періоду досліджень,  $t$  – тривалість періоду.

Калорійність тіла визначали шляхом дихроматного окиснення. Для цього 10 мг сухої тканини розтирали з 50 мг прожареного піску, поміщали до колби і додавали 20 мл дистильованої води. Далі визначення проводили за загальноприйнятою методикою [8]. Контролем слугу-

вали 50 мг прожареного піску, поміщених у 20 мл дистильованої води. Результат виражали в мг  $\text{O}_2$ , необхідних для окиснення тіла риби.

Для визначення вмісту кадмію в тілі риб брали по 20 мг сухої тканини і розчиняли в концентрованій азотній кислоті протягом доби. Після цього проби кип'ятили на піщаній бані з додаванням 35% розчину перекису водню до знебарвлення вмісту посудини. Проби упарювали і розводили дистильованою водою до 3 мл. В отриманих розчинах визначали концентрацію Cd атомно-адсорбційним методом.

Для оцінки показників взаємодії між особинами мальків поміщали у пластикові лотки розміром 20x30 см з рівнем води 3 см. Після 30 хв акліматизації проводили відеофіксацію їх поведінки протягом 15 хв. Тип і тривалість взаємодій кожної особини з іншими фіксували за допомогою програми EthoLog 2.2.5. Взаємодії були розподілені на дві групи: паралельні орієнтації і інші. Показники взаємодії обчислювали відповідно до [2, 3]. Повну тривалість взаємодії обчислювали як відсоток сумарного часу всіх взаємодій особини від загального часу спостереження. Розраховували середню тривалість одного акту паралельної взаємодії. Для визначення середньої відстані до найближчого сусіда з отриманих відео було зроблено знімки екрану з інтервалом у 30 сек. На кожному окремому зображенні за допомогою програми UTHSCSA Image Tool for Windows 3.00 визначали відстані від точки, розташованої по середині однієї особини до найближчої аналогічної точки іншої особини.

Під час статистичної обробки даних спочатку перевіряли гіпотезу про нормальність розподілу за допомогою тесту Шапіро-Уїлка. В разі нормального розподілу статистичне порівняння показників різних груп проводили з використанням t-критерію Стюдента для незалежних вибірок. В іншому випадку, застосовували непараметричний тест Краскелла-Уолліса (аналог U-тесту Манна-Уїтні для порівняння 3 і більше вибірок). Усі розрахунки здійснювали у програмних комплексах Excel ("Microsoft") та STATISTICA 8.0 ("StatSoft").

**Результати та їх обговорення.** Для оцінки характеру взаємодії досліджуваних факторів було визначено вміст Cd в тілі риб в різних дослідних групах (рис. 1).

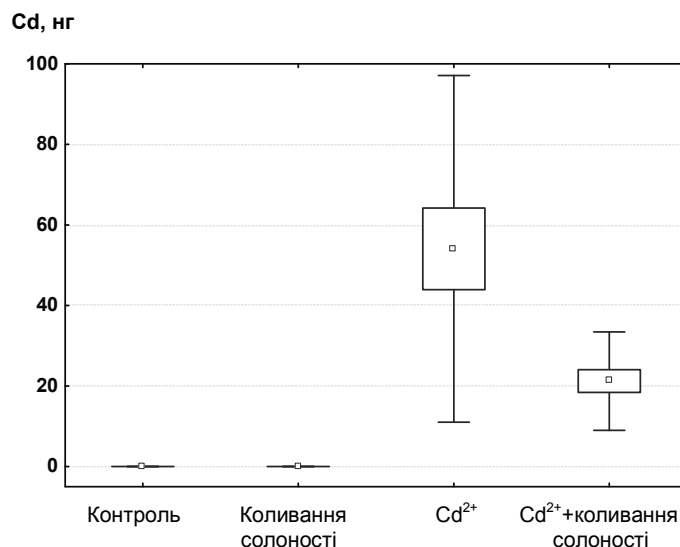


Рис. 1. Вміст Cd в тілі мальків гупі в різних дослідних групах (середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення; вміст у групах з ненульовими значеннями статистично значимо відрізняється)

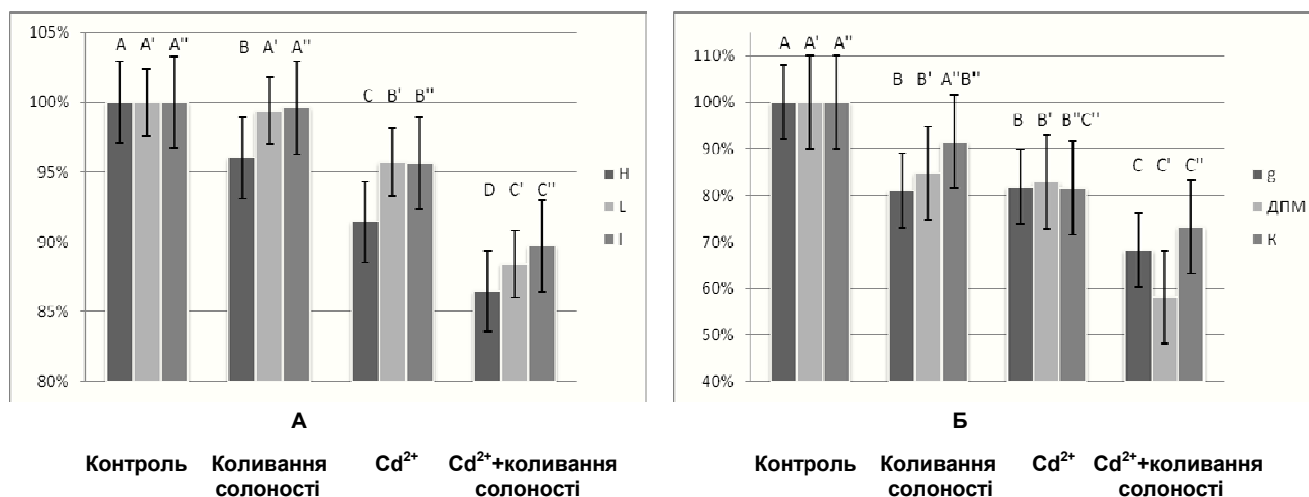


Рис. 2. Рости (А) і продукційні (Б) показники мальків гупі в різних дослідних групах (середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення; середні, які не мають статистично значимих відмінностей, відмічені однаковими буквами. Н – найбільша висота тіла, L – абсолютна довжина тіла, I – стандартна довжина тіла, g – питома швидкість росту, ДПМ – добовий приріст маси, К – калорійність тіла. Всі значення наведені у відсотках від контролю)

Середнє значення вмісту кадмію в тілі мальків, яких утримували за сумісного впливу іонів важкого металу і коливань солоності, майже вдвічі менше від вмісту кадмію в тілі мальків, яких утримували лише за впливу кадмію. Це свідчить про те, що взаємодія досліджуваних факторів носить антагоністичний характер. Можливим поясненням є те, що кадмій надходить в організм риб переважно через кальцієві канали, які, як відомо з [5], блокуються при підвищенні солоності.

Результати вимірів ростових і продукційних показників наведені на рис.2 (А і Б відповідно). Спостерігається загальна тенденція зниження ефективності росту і накопичення біомаси як за поодиноким впливом досліджу-

ваних факторів, так і за їх сумісного впливу. При цьому коливання солоності і іони кадмію характеризуються адитивною дією на показники росту і продукції. За умов коливань солоності витрачається енергія на роботу механізмів іонної регуляції [9]. Під впливом кадмію порушується робота ферментних систем і відбувається інтоксикація комплексами кадмію із біоактивними лігандами [1, 7], також кадмій частково замінює кальцій у кістковій тканині, що є критичним для розвитку мальків. До того ж, частина енергії витрачається на роботу неспецифічних механізмів стресу, що також пригнічує ріст і розвиток. За сумісного впливу обох факторів, ймовірно, відбувається сумація енергетичних витрат.

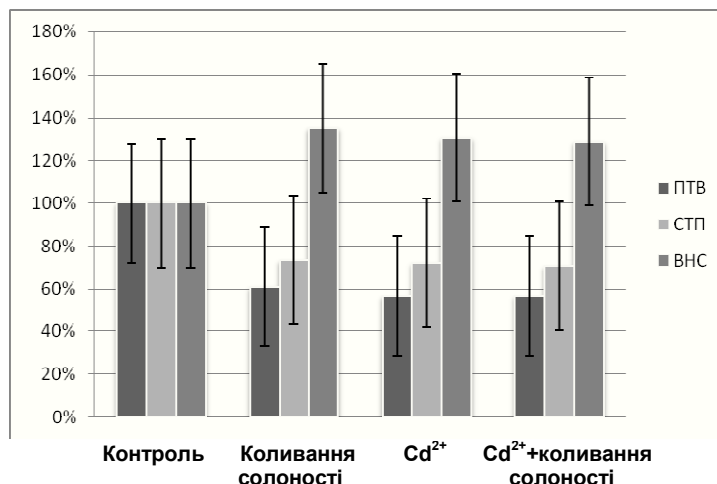


Рис. 3. Взаємодія між особинами гупі в різних дослідних групах (середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення; статистично значимо відрізняються від інших тільки контрольні значення. ПТВ – повна тривалість взаємодій, СТП – середня тривалість одного акту паралельної орієнтації, ВНС – відстань до найближчого сусіда. Всі значення наведені у відсотках від контролю)

Показники соціальної взаємодії між особинами є чутливими до негативних зовнішніх впливів і важливі для прогнозування соціальної поведінки риб *in vivo*, яка опосередковує ефективність полювання на жертв і уникнення поїдання іншими хижаками [2, 3]. Повна тривалість взаємодій, середня тривалість одного акту паралельної орієнтації і відстань до найближчого сусіда у досліджених особин гупі наведені на рис. 3.

У порівнянні з контролем, в усіх групах зменшується загальна тривалість взаємодії між особинами і тривалість одного акту паралельної орієнтації. Разом зі збільшенням відстані між особинами це вказує на порушення соціальної структури групи. Ймовірно, дана ситуація є наслідком зменшення доступної для використання енергії в результаті описаних вище процесів і специфічних фізіологічних порушень, які вплинули на

поведінку. Втім, на протидію впливові на продукційні показники, сумісний вплив іонів кадмію і коливань солоності на показники взаємодії між особинами не характеризується адитивністю. Оскільки фізіологічні механізми формування соціальної поведінки у риб знаходяться ще у стані вивчення, можна лише зробити припущення, що всі досліджувані фактори просто знизили кількість і якість взаємодій до певного критичного рівня.

**Висновки.** Сумісний вплив іонів  $\text{Cd}^{2+}$  і коливань солоності справляє адитивний вплив на ростові і продукційні показники молоді гупі, знижуючи рівень доступної для цих процесів енергії. Сумісний вплив зазначених факторів порушує взаємодію всередині соціальних груп гупі.

**Подяки.** Ми вдячні Лукашову Д.В., д.б.н., зав. каф. екології та охорони навколишнього середовища, за проведення атомно-адсорбційної спектрофотометрії зразків і за консультації з приводу інтерпретації даних.

УДК 575:581.144.2:581.133.8:582.683.2

**Список використаної літератури.** 1. Environmental Stressors in Health and Disease / Ed. by Fuchs J., Packer L. – New York, 2001. 2. Saverino, C., Gerlai R. The social zebrafish: behavioral responses to conspecific, heterospecific, and computer animated fish // Behavioural brain research. – 2008. – 191(1). – P. 77-87. 3. Scott G.R., Sloman K.A. The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity // Aquatic Toxicology. – 2004. – 68. – P. 369-392. 4. Wheatly M.G. Integrated Responses to Salinity Fluctuation // Amer. Zool. – 1988. – 28. – P. 65-77. 5. Zhang L., Wang W.X. Waterborne cadmium and zinc uptake in a euryhaline teleost *Acanthopagrus schlegelii* acclimated to different salinities // Aqua Toxicol. – 2007. – 84(2). P. 173-181. 6. Гандзюра В.П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами. – К., 2002. 7. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М., 2002. 8. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – К., 1983. 9. Константинов А.С. Статический и астатический оптимум абиотических факторов в жизни рыб // Первый конгресс ихтиологов в России: Тез. докл. – 1997. – С. 221-222. 10. Кузнецов В.А. Оптимизация эмбрионально-личиночного развития пойкilotермных гидробионтов в астатических условиях среды // Тез. докл. IV междунар. конф. "Современные проблемы гидроэкологии". – СПб, 2010. – С. 98.

Надійшла до редколегії 02.10.12

Я. Абдуллаєва, студ., С. Хаблак, канд. біол. наук

## ВИДОЗМІНА КОРИННЯ У КОРЕНЕВІЙ СИСТЕМІ *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH. ПІД ВПЛИВОМ МУТАЦІЙ ГЕНІВ *COB1*, *LIT1* І *SAB1*

**Встановлено, що мутації *cob-1*, *lit-1* і *sab1-1* викликають у рослин *Arabidopsis thaliana* потовщення і вкорочення довшини бічного і додаткового коріння. В результаті у мутантних ліній *cob-1*, *lit-1* і *sab1-1* формується не типово коріння у вигляді кореневих шишок, які утворюються внаслідок метаморфозу бічного і додаткового коріння.**

**Ключові слова:** коренева система, мутація генів, мікрофібрили.

**Установлено, что мутации *cob-1*, *lit-1* и *sab1-1* вызывают у растений *Arabidopsis thaliana* утолщение и уменьшение длины бокового и придаточных корней. В результате мутантных линий *cob-1*, *lit-1* и *sab1-1* формируются не типичные корни в виде корневых шишек, образующиеся в результате метаморфоза бокового и придаточных корней.**

**Ключевые слова:** корневая система, мутация генов, микрофибрилы.

**Found that mutations in *cob-1*, *lit-1* and *sab1-1* cause the plant *Arabidopsis thaliana* thickening and shortening of the length of lateral and adventitious roots. As a result, the mutant lines, *cob-1*, *lit-1* and *sab1-1* not the typical formed roots in the form of root buds which are formed by the metamorphosis of lateral and adventitious roots.**

**Keywords:** the root system, the mutation of genes mikrofibrily.

**Вступ.** Типову будову мають коріння більшості рослин, але у багатьох видів у процесі еволюції коріння помітно видозмінилося. В одних випадках коріння спеціалізувалося у зв'язку з пристосуванням до виконання функції вмістилища запасних речовин, вегетативного розмноження або втягування рослини в ґрунт (геофілізація). В інших випадках першорядне значення мало пристосування до певного середовища проживання (болото, вода, слабоаеровані ґрунти та ін.) [8]. У філогенії покритонасінних рослин з'явилися такі незвичайні органи, як ходувільні, досковидні, дихальні, повітряні корені, коренеплоди, кореневі бульби, корені-підпірки і корені-прицепки. Ці нетипові органи є метаморфозами, або видозмінами, кореня [7]. Виникнення метаморфозів кореня у рослин в процесі еволюції мало характер мутацій, тому вони закріпилися спадково. Розуміння механізмів формування у рослин різних видозмін кореня є однією з актуальних проблем генетики розвитку. Рослинна клітина на відміну від тваринної зовні покрита твердою оболонкою (стілкою). Функції оболонки багатогранні. Вона додає клітці певну форму, захищає її вміст від фізичних та механічних впливів, забезпечує надходження речовин у клітину, в тому числі регулює ступінь і напрямку росту клітини [1]. Процеси росту стінки клітки здійснюються шляхом утворення і впровадження між старими нових частинок. Такий спосіб наростання оболонки клітини називають інтусусцепцією [4]. Він був досить добре досліджений за допомогою електронного мікроскопа ще більш півстоліття тому. Проте, до цих пір залишається дуже мало відомо про молекулярні механізми, що контролюють характер росту клітин. У той же час, розуміння того, як клітинна стінка росте, має важливе значення для функціонування рослини, так як

процеси біосинтезу оболонки і її наростання є вирішальними факторами для утворення форми її органів. Хімічну основу оболонки клітини становить целюлоза (клітковина). Вона відноситься до складних вуглеводів – полісахаридів. Основною структурною одиницею целюлози є мікрофібрила. Мікрофібрили мають форму прямих паличок, які об'єднуються в фібрили. Кожна фібрила складається зазвичай із 400 мікрофібрил [8]. Вважають, що характер розташування мікрофібрил в клітинній оболонці визначає напрямку росту клітини [16]. Існують докази того, що в процесі росту клітини відкладення мікрофібрил в клітинній стінці орієнтоване таким чином, щоб керувати її властивостями. Це в свою чергу обумовлює напрямку росту і остаточну форму клітини та органів рослини [13]. Тим не менш, механізми, що лежать в основі регулювання орієнтації мікрофібрил в оболонці клітини, залишаються в основному невивченими. Крім того, дуже мало відомо про їх генетичний контроль, який в свою чергу визначає орієнтацію та ступінь росту клітини. Порівняно недавно у рослин *Arabidopsis thaliana* (*A. thaliana*) отримані мутації, що викликають аномальний поперечний ріст клітин кореня, що тягне за собою різке збільшення діаметру коріння [10]. Це мутації генів *COBRA1* (*COB1*) [14], *LION'S TAIL1* (*LIT1*) [19] і *SABER1* (*SAB1*) [9]. Ген *COB1* кодує білок GPI (glycosyl-phosphatidyl inositol-anchored protein), який бере участь в утворенні стінок клітин кореня шляхом регулювання орієнтації в них субмікроскопічних целюлозних мікрофібрил, які армують різні вуглеводи і пектинові речовини [15]. Мутація *cob-1* по гену *COB1* викликає у рослин в оболонках клітин кореня порушення характеру розташування мікрофібрил [12]. Ген *LIT1*, відомий так само як *RADIALLY SWOLLEN2* (*RSW2*) або